

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 328**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)	<b>C21D 8/04</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/18</b>	(2006.01)	<b>C23C 2/28</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)	<b>C23C 2/40</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/12</b>	(2006.01)	<b>B32B 15/01</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/08</b>	(2006.01)	<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)		
<b>C25D 7/06</b>	(2006.01)		
<b>C25D 5/36</b>	(2006.01)		
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2013 PCT/JP2013/070745**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO14021382**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2013 E 13826234 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 2881483**

54 Título: **Chapa de acero laminada en frío, chapa de acero laminada en frío electrolgalvanizada, chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y métodos para producir dichas chapas de acero**

30 Prioridad:  
**31.07.2012 JP 2012170316**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.04.2020**

73 Titular/es:  
**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)  
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku  
Tokyo, JP**

72 Inventor/es:  
**SUGIURA, NATSUKO;  
YONEMURA, SHIGERU y  
MARUYAMA, NAOKI**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 756 328 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Chapa de acero laminada en frío, chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y métodos para producir dichas chapas de acero

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en frío excelente en rigidez y capacidad de estiramiento profundo, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y métodos de fabricación de la misma.

10 **Antecedente de la técnica**

En el campo de los automóviles, en términos de mejora de la eficiencia del combustible, existe una necesidad creciente de una reducción del peso de la carrocería del vehículo, y en términos de asegurar la seguridad contra colisiones, se aplican varias chapas de acero de alta resistencia a los miembros del automóvil. Sin embargo, incluso cuando se mejoran el límite elástico y la resistencia a la tracción de un producto de acero mediante el uso de un mecanismo de refuerzo tal como el refuerzo de la estructura o mediante un efecto de refinamiento de grano, no cambia el módulo de Young. Por lo tanto, cuando se adelgaza el espesor de una chapa de acero para la reducción del peso, disminuye la rigidez del miembro, de modo que se hace difícil lograr un adelgazamiento del espesor de la chapa.

Por otro lado, el módulo de Young del hierro es 206 GPa más o menos en general, pero es posible aumentar el módulo de Young en una dirección específica controlando la orientación cristalina (textura) de un hierro policristalino. Hasta el momento, se han realizado muchos inventos con respecto a una chapa de acero en la que, por ejemplo, se aumenta el módulo de Young en una dirección perpendicular a una dirección de laminación (que en lo sucesivo se denominará una dirección transversal) aumentando el grado de integración a la orientación  $\{112\}\langle 110 \rangle$ . Sin embargo, la orientación  $\{112\}\langle 110 \rangle$  es una orientación para disminuir significativamente los valores de  $r$  en la dirección de la laminación y en la dirección transversal, por lo que existe el problema de que se deteriora significativamente la capacidad de estiramiento profundo. Además, el módulo de Young en una dirección de  $45^\circ$  de la laminación disminuye más que el de una chapa de acero normal, de modo que las chapas de acero se pueden aplicar únicamente a un miembro largo en una dirección, tal como un miembro marco, y existe el problema de que no se pueden aplicar, por ejemplo, a un miembro de panel y a un miembro que deba tener el módulo de Young en varias direcciones, tal como en la rigidez torsional.

Los Documentos de Patente 1 a 4 están relacionados cada uno con un grupo de orientaciones que incluye la orientación  $\{112\}\langle 110 \rangle$  o con una chapa de acero en la que se desarrolla un grupo de orientaciones que incluye la orientación  $\{112\}\langle 110 \rangle$ . Los Documentos de Patente 1 a 4 están relacionados cada uno con una técnica en la que se obtiene un alto módulo de Young en una dirección transversal y una determinada dirección de un miembro se ajusta a la dirección transversal, lo que hace posible aumentar la rigidez en la dirección. Sin embargo, en cada uno de los Documentos de Patente 1 a 4, no hay otra descripción que no sea el módulo de Young en la dirección transversal. El Documento de Patente 3 entre ellos es uno relacionado con un acero de alta resistencia con ductilidad y un módulo de Young logrados, pero no tiene una descripción sobre la capacidad de estiramiento profundo. Además, el Documento de Patente 4 es uno relacionado con una chapa de acero excelente en la capacidad de expansión del orificio que es uno de los índices de trabajabilidad y con un módulo de Young, pero no tiene una descripción sobre la capacidad de estiramiento profundo.

Además, algunos de los presentes inventores y similares han descrito una chapa de acero laminada en caliente con un alto módulo de Young en una dirección de la laminación, una chapa de acero laminada en frío, y los métodos de fabricación de la misma (véanse los Documentos de Patente 5 y 6, por ejemplo). Estos Documentos de Patente 5 y 6 son una técnica para aumentar el módulo de Young en una dirección de la laminación y en una dirección perpendicular a la laminación usando la orientación  $\{110\}\langle 111 \rangle$  y la orientación  $\{112\}\langle 111 \rangle$ . Sin embargo, con respecto a las chapas de acero descritas en estos respectivos Documentos de Patente, existen descripciones sobre la capacidad de expansión del orificio y la ductilidad, pero no existe una descripción sobre la capacidad de estiramiento profundo.

Además, el Documento de Patente 7 describe una técnica para aumentar el módulo de Young en una dirección de la laminación y en una dirección transversal de una chapa de acero laminada en frío, pero no tiene una descripción sobre la capacidad de estiramiento profundo.

Además, el Documento de Patente 8 describe una técnica para aumentar un módulo de Young y la capacidad de estiramiento profundo mediante el uso de un acero de ultra-bajo contenido en carbono. Sin embargo, la técnica descrita en el Documento de Patente 8 tiene un problema que debido al desarrollo de la laminación con la cantidad de reducción total del 85 % o más en un intervalo de temperaturas de Ar3 a Ar3 +150°C o menos, y similar, es alta la carga sobre un laminador. Además, el Documento de Patente 8 no es el único capaz de obtener una rigidez

significativa en absoluto porque el módulo de Young no es necesariamente alto en una dirección de 45° y tampoco es apropiada una orientación cristalina a desarrollar.

**Documento de la técnica anterior**

Documento de Patente

- 5 Documento de Patente 1: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 2.006-183130
- Documento de Patente 2: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 2.007-92128
- Documento de Patente 3: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 2.008.-240125
- Documento de Patente 4: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 2.008-240123
- Documento de Patente 5: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 2.009-19265
- 10 Documento de Patente 6: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 2.007-146275
- Documento de Patente 7: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 2.009-13478
- Documento de Patente 8: Publicación de Patente japonesa abierta a inspección pública de N.º 05-255804

15 El Documento de Patente japonesa de N.º JP 2.005-120459 A describe una chapa de acero laminada en frío excelente en capacidad para la fijación de la forma y en la capacidad de endurecimiento por cocción mediante el control de las intensidades del grupo de orientaciones de {100}< 011> a {223}<110> y de cada una de las orientaciones {554}<225>, {111}<112>, y {111}<110> y haciendo además que al menos uno del valor de r en la dirección de la laminación y del valor de r en la dirección perpendicular a la dirección de la laminación sea tan bajo como sea posible.

**Descripción de la invención**

20 Problemas a resolver por la invención

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta los problemas descritos anteriormente, y tiene un objeto de proporcionar una chapa de acero laminada en frío cuyo módulo de Young en todas las direcciones esté incrementado en comparación con un producto convencional y cuya rigidez y capacidad de estiramiento profundo sean excelentes, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y los métodos de fabricación de la misma.

Medios para resolver los problemas

30 Los presentes inventores llevaron a cabo exámenes serios para resolver los problemas descritos anteriormente. Como resultado, aprendieron que a un acero cuya cantidad añadida de C está reducida y cuya cantidad de solución sólida de C está reducida adicionalmente tanto como sea posible mediante la adición de Nb y Ti al mismo, se le añaden adicionalmente Mn, P y B a intervalos apropiados y se optimizan las condiciones de laminación en caliente, haciendo así posible mejorar la rigidez y la capacidad de estiramiento profundo de una chapa de acero laminada en frío. Es decir, descubrieron que, al emplear la condición descrita anteriormente, durante la laminación en frío y el recocido que se llevan a cabo más tarde, se aumenta el módulo de Young, se desarrolla la orientación {557} <9 16

35 5> que es una orientación con un valor de r relativamente alto, y se disminuye la orientación {332} <110> que es una orientación para disminuir el módulo de Young en una dirección de la laminación, haciendo así posible obtener excelente rigidez y capacidad de estiramiento profundo.

40 La presente invención es la chapa de acero laminada en frío, excelente en rigidez y capacidad de estiramiento profundo, la chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y los métodos de fabricación de la misma como los descritos anteriormente, y la esencia de la misma es la siguiente.

[1] Una chapa de acero laminada en frío, que consiste en:

en % en masa,

C: del 0,0005 al 0,0045 %;

45 Mn: del 0,80 al 2,50 %;

Ti: del 0,002 al 0,150 %;

B: del 0,0005 al 0,01 %;

## ES 2 756 328 T3

- Si: del 0,01 al 1,0 %;  
Al: del 0 al 0,10 %;  
Nb: del 0 al 0,040 %;  
Mo: del 0 al 0,500 %;
- 5 Cr: del 0 al 3,000 %;  
W: del 0 al 3,000 %;  
Cu: del 0 al 3,000 %;  
Ni: del 0 al 3,000 %;  
Ca: del 0 al 0,1000 %;
- 10 Rem: del 0 al 0,1000 %;  
V: del 0 al 0,100 %;  
P: el 0,15 % o menos;  
S: el 0,010 % o menos;  
N: el 0,006 % o menos,
- 15 en la que se satisface la Expresión (1) mostrada a continuación, y un resto que está compuesto de hierro e impurezas, en el que en la posición de  $\frac{1}{4}$  del espesor del espesor de una chapa, una relación de intensidad aleatoria (A) de la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$  es 3 o menos, una relación de intensidad aleatoria (B) de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  y una relación de intensidad aleatoria (C) de la orientación  $\{111\}\langle 112 \rangle$  son ambas 7 o más, y se satisfacen  $\{(B)/(A) \geq 5\}$  y  $\{(B) > (C)\}$ .
- 20 
$$0,07 \leq (\text{Mn (\% en masa)} - \text{Mn}^* (\% \text{ en masa})) / (\text{B (ppm)} - \text{B}^* (\text{ppm})) \leq 0,2 \dots (1)$$
- La Expresión (1) anterior se establece de la siguiente manera.
- $$\text{Mn}^* (\% \text{ en masa}) = 55\text{S} (\% \text{ en masa}) / 32$$
- $$\text{B}^* (\text{ppm}) = 10 (\text{N} (\% \text{ en masa}) - 14\text{Ti} (\% \text{ en masa}) / 48) / 14 \times 10.000$$
- En el caso de  $\text{Mn}^* < 0$  y  $\text{B}^* < 0$ ,  $\text{B}^*$  se establece en 0.
- 25 [2] La chapa de acero laminada en frío según [1], contiene:  
en % en masa,  
Nb: del 0,005 al 0,040 %.
- [3] La chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de [1] o [2], contiene:  
uno o dos o más de, en % en masa,
- 30 Mo: del 0,005 al 0,500 %;  
Cr: del 0,005 al 3,000 %;  
W: del 0,005 al 3,000 %;  
Cu: del 0,005 al 3,000 %; y  
Ni: del 0,005 al 3,000 %.
- 35 [4] La chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de [1] a [3], contiene:  
uno o dos o más de, en % en masa,  
Ca: del 0,0005 al 0,1000 %;

## ES 2 756 328 T3

Rem: del 0,0005 al 0,1000 %; y

V: del 0,001 al 0,100 %.

[5] Una chapa de acero laminada en frío electrolgalvanizada, en la que sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de [1] a [4], se lleva a cabo la electrolgalvanización.

5 [6] Una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, en la que sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de [1] a [4], se lleva a cabo la galvanización por inmersión en caliente.

10 [7] Una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, en la que sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de [1] a [4], se lleva a cabo la galvanización por inmersión en caliente y aleación.

[8] Un método de fabricación de una chapa de acero laminada en frío, incluye:

sobre en una palanquilla de acero que consiste en:

en % en masa,

C: del 0,0005 al 0,0045 %;

15 Mn: del 0,80 al 2,50 %;

Ti: del 0,002 al 0,150 %;

B: del 0,0005 al 0,01 %;

Si: del 0,01 al 1,0 %;

Al: del 0,010 al 0,10 %;

20 Nb: del 0 al 0,040 %;

Mo: del 0 al 0,500 %;

Cr: del 0 al 3,000 %;

W: del 0 al 3,000 %;

Cu: del 0 al 3,000 %;

25 Ni: del 0 al 3,000 %;

Ca: del 0 al 0,1000 %;

Rem: del 0 al 0,1000 %;

V: del 0 al 0,100 %;

P: el 0,15 % o menos;

30 S: el 0,010 % o menos;

N: el 0,006 % o menos,

en la que se satisface la Expresión (1) mostrada a continuación, y

un resto que está compuesto de hierro e impurezas,

35 llevar a cabo el calentamiento a 1.150°C o más, y después llevar a cabo la laminación a una relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) mostrada a continuación de 4,4 o menos para al menos un paso o más en un intervalo de temperaturas de 1.000 a 950°C con una temperatura de inicio de la laminación de acabado establecida de 1.000 a 1.100°C, y después llevar a cabo la laminación con la relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) mostrada a continuación de 3,0 a 4,2 para al menos un paso o más en un intervalo de temperaturas de no menos de una temperatura 50°C menor que una temperatura de transformación A3 obtenida por la Expresión (3) mostrada a continuación ni mayor de 950°C, y después comenzar el enfriamiento dentro de los 2 segundos después de la finalización de la laminación de acabado, enfriar la temperatura dentro de un intervalo hasta 700°C a una velocidad de enfriamiento promedio de 15°C/s o más, y después llevar a cabo el bobinado en un intervalo de temperaturas de 500 a 650°C, y después llevar a cabo el decapado, y después llevar a cabo la laminación en frío a una relación de

40

reducción del 50 al 90 %, calentar la temperatura en un intervalo de temperaturas ambiente a 650°C a una velocidad de calentamiento promedio de 2 a 20°C/s, y calentar adicionalmente la temperatura de 650°C a 700°C a una velocidad de calentamiento promedio de 2 a 15°C/s, y después llevar a cabo el recocido para llevar a cabo la retención durante 1 segundo o más en un intervalo de temperaturas de no menos de 700°C ni más de 900°C.

$$5 \quad 0,07 \leq (\text{Mn} (\% \text{ en masa}) - \text{Mn}^* (\% \text{ en masa})) / (\text{B} (\text{ppm}) - \text{B}^* (\text{ppm})) \leq 0,2 \dots (1)$$

La Expresión (1) anterior se establece de la siguiente manera.

$$\text{Mn}^* (\% \text{ en masa}) = 55\text{S} (\% \text{ en masa}) / 32$$

$$\text{B}^* (\text{ppm}) = 10 (\text{N} (\% \text{ en masa}) - 14\text{Ti} (\% \text{ en masa}) / 48) / 14 \times 10.000$$

En el caso de  $\text{Mn}^* < 0$  y  $\text{B}^* < 0$ ,  $\text{B}^*$  se establece en 0.

$$10 \quad X (\text{relación de forma}) = 1 \text{ d/hm} \dots (2)$$

la Expresión (2) anterior se establece de la siguiente manera.

ld (longitud del arco de contacto del rodillo de laminación en caliente y de la chapa de acero):  $\sqrt{(L \times (\text{hentrada} - \text{hsalida})/2)}$

hm:  $(\text{hentrada} + \text{hsalida}) / 2$

15 L: diámetro del rodillo (mm)

hentrada: espesor de la chapa del lado de la entrada del rodillo de laminación (mm)

hsalida: espesor de la chapa del lado de la salida del rodillo de laminación (mm)

$$\text{A3} (^\circ\text{C}) = 937,2 - 476,5\text{C} + 56\text{Si} - 19,7\text{Mn} - 16,3\text{Cu} - 26,6\text{Ni} - 4,9\text{Cr} + 38,1\text{Mo} + 136,3\text{Ti} - 19,1\text{Nb} + 124,8\text{V} + 198,4\text{Al} + 3315,0\text{B} \dots (3)$$

20 En la Expresión (3) anterior, C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, Ti, Nb, V, Al y B son los contenidos de los respectivos elementos [% en masa]. Con respecto a una chapa de acero en la que no se pretende que contenga Si, Al, Cu, Ni, Cr, Mo, Nb y V, la Expresión se calcula siendo los porcentajes del contenido de cada uno de estos elementos el 0 %.

[9] Un método de fabricación de una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, incluye:

llevar a cabo la electrogalvanización sobre la superficie de la chapa de acero fabricada por el método según [8].

25 [10] Un método de fabricación de una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, incluye:

llevar a cabo la galvanización por inmersión en caliente sobre la superficie de la chapa de acero fabricada por el método según [8].

30 [11] Un método de fabricación de una chapa de acero aleada laminada en frío y galvanizada por inmersión en caliente aleada, incluye:

sobre la superficie de la chapa de acero fabricada por el método según [18], llevar a cabo la galvanización por inmersión en caliente, y después llevar a cabo adicionalmente un tratamiento térmico durante 10 segundos o más en un intervalo de temperaturas de 450 a 600°C.

Efecto de la invención

35 Según la chapa de acero laminada en frío, la chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y los métodos de fabricación de la misma de la presente invención, la constitución descrita anteriormente hace posible obtener una chapa de acero laminada en frío cuya rigidez es excelente porque el módulo de Young en ambas direcciones es 206 GPa o más, un módulo de Young en la dirección perpendicular a la laminación es 225 GPa o más, y se mejora un módulo de Young estático en la dirección de la laminación y cuya capacidad de estiramiento profundo es excelente porque un valor de r promedio es 1,4 o más, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, o una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada. Por lo tanto, la aplicación de la presente invención a un miembro de automóvil, tal como un miembro de panel, por ejemplo, hace posible disfrutar suficientemente de los méritos de la mejora de la eficiencia del combustible y de la reducción del peso de la carrocería del vehículo asociado con el adelgazamiento de la chapa de un miembro logrado mediante la mejora en la rigidez además de la mejora en la trabajabilidad, de modo que las contribuciones sociales son incommensurables.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una vista para explicar una chapa de acero laminada en frío excelente en capacidad de estiramiento profundo que es una realización de la presente invención, una chapa de acero laminada en frío electrolgalvanizada, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, una capa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y los métodos de fabricación de la misma, y es una vista que muestra las posiciones de las respectivas orientaciones cristalinas en una ODF (por sus siglas en inglés, función de distribución de orientación cristalina;  $\varphi_2$  = sección transversal de  $45^\circ$ ).

**Modo de llevar a cabo la invención**

De aquí en adelante, se explicará una chapa de acero laminada en frío excelente en rigidez y capacidad de estiramiento profundo que es una realización de la presente invención, una chapa de acero laminada en frío electrolgalvanizada, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y los métodos de fabricación de la misma. Incidentalmente, esta realización se explicará en detalle para una mejor comprensión del espíritu de la presente invención, y por lo tanto no es la que limita la presente invención a menos que se especifique lo contrario.

En general, se sabe que el módulo de Young y un valor de  $r$  de una chapa de acero dependen tanto de las orientaciones cristalinas como de que sus valores cambien en gran medida. El presente inventor y similares examinaron una fibra  $\gamma$  (grupo de orientaciones de  $\{111\}\langle 112 \rangle$  a  $\{111\}\langle 110 \rangle$ ) que es bien conocida como una orientación para aumentar un valor de  $r$  de una chapa de acero, y la anisotropía del módulo de Young de una orientación cerca de ella. Entonces, el presente inventor y similares descubrieron que la orientación de  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  un poco desviada de la fibra  $\gamma$  es una orientación donde es relativamente pequeño el deterioro del valor de  $r$ , es alto el módulo de Young en ambas direcciones en el plano, y se aumenta el módulo de Young en una dirección transversal en particular, y además la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$  es una orientación para disminuir el módulo de Young en una dirección de la laminación y por el contrario en una dirección transversal.

Así, como un resultado de que el presente inventor y similares examinaron seriamente un método para intensificar la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  y debilitar la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$ , se aclararon las siguientes cosas.

Esto es, una base de componentes con la cantidad de C disminuida al 0,0045 % o menos y el Nb y/o el Ti añadido a la misma se limita a una base de componentes en la que permanecen las cantidades apropiadas de solución sólida de Mn y de la solución sólida de B, y se optimizan las condiciones de la laminación en caliente y, de ese modo, se refinan los granos de una chapa laminada en caliente, la forma de los granos de la chapa laminada en caliente se vuelve bainítica, y durante el recocido aumenta un sitio de nucleación de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$ , y por el contrario se suprime el desarrollo de la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$ . Además, descubrieron recientemente que cuando, con motivo de la laminación en frío y del recocido de la chapa laminada en caliente con una textura de transformación fuertemente desarrollada, se suprime adecuadamente la recuperación en el momento del recocido debido a la existencia de soluciones sólidas de Mn y de B, y se intensifica más la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$ . Además, descubrieron que cuando se establece una relación de intensidad aleatoria de  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  en (A) y se establece una relación de intensidad aleatoria de  $\{332\}\langle 110 \rangle$  en (B), es importante satisfacer la siguiente expresión  $\{(A)/(B) \geq 5\}$  para lograr un alto módulo de Young. Además, se sabe que la orientación  $\{111\}\langle 112 \rangle$  es una orientación para aumentar el valor de  $r$ , y es importante hacer que una relación de intensidad aleatoria (C) de la orientación se convierta en 7 o más en términos de capacidad de estiramiento profundo, pero cuando la relación de intensidad aleatoria (C) está más intensificada que la relación de intensidad aleatoria (A), disminuye el módulo de Young en la dirección transversal, por lo que también es importante satisfacer la siguiente expresión  $\{(A) > (C)\}$ .

Incidentalmente, para el módulo de Young descrito en la presente invención, también se puede usar un valor obtenido por un método de oscilación dinámica o por un método de tracción estática.

**Chapa de acero laminada en frío**

La chapa de acero laminada en frío de la presente invención consiste en, en % en masa, C: del 0,0005 al 0,0045 %; Mn: del 0,80 al 2,50 %; Ti: del 0,002 al 0,150 %; B: del 0,0005 al 0,01 %; Si: del 0,01 al 1,0 %; Al: del 0,010 al 0,10 %; Nb: del 0 al 0,040 %; Mo: del 0 al 0,500 %; Cr: del 0 al 3,000 %; W: del 0 al 3,000 %; Cu: del 0 al 3,000 %; Ni: del 0 al 3,000 %; Ca: del 0 al 0,1000 %; Rem: del 0 al 0,1000 %; V: del 0 al 0,100 %; P: el 0,15 % o menos; S: el 0,010 % o menos; N: el 0,006 % o menos, en la que se satisface la Expresión (1) mostrada a continuación, y un resto que está compuesto de hierro e impurezas, en la que en la posición de  $\frac{1}{4}$  del espesor de una chapa, una relación de intensidad aleatoria (A) de la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$  es 3 o menos, una relación de intensidad aleatoria (B) de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  y una relación de intensidad aleatoria (C) de la orientación  $\{111\}\langle 112 \rangle$  son ambas 7 o más, y se satisfacen  $\{(B)/(A) \geq 5\}$  y  $\{(B) > (C)\}$ .

## ES 2 756 328 T3

$$0,07 \leq (\text{Mn (\% en masa)} - \text{Mn}^* (\% \text{ en masa})) / (\text{B (ppm)} - \text{B}^* (\text{ppm})) \leq 0,2 \dots (1)$$

La Expresión (1) anterior se establece de la siguiente manera.

$$\text{Mn}^* (\% \text{ en masa}) = 55\text{S (\% en masa)} / 32$$

$$\text{B}^* (\text{ppm}) = 10 (\text{N (\% en masa)} - 14\text{Ti (\% en masa)} / 48) / 14 \times 10.000$$

- 5 En el caso de  $\text{Mn}^* < 0$  y  $\text{B}^* < 0$ ,  $\text{B}^*$  se establece en 0.

Composición del acero

De aquí en adelante, se explicarán las razones para limitar una composición de acero en la presente invención con más detalle. Incidentalmente, en la siguiente explicación, "%" relacionado con la composición del acero indica un % en masa a menos que se especifique lo contrario.

- 10 Componentes esenciales

(C: carbono) del 0,0005 al 0,0045 %

- 15 El C es un elemento necesario para mejorar la resistencia de una chapa de acero. Sin embargo, cuando el C permanece en un estado de solución sólida en una chapa laminada en caliente, se forma una zona de cizalladura en un grano durante la laminación en frío y se desarrolla la orientación  $\{110\} < 001 >$  para disminuir el módulo de Young en la dirección de la laminación, de modo que el contenido se establece en el 0,0045 % o menos. Además, desde este punto de vista, la cantidad de C se establece convenientemente en el 0,004 % o menos, y es adicionalmente convenientemente el 0,0035 % o menos. Por otro lado, cuando la cantidad de C se establece en menos del 0,0005 %, el costo de un tratamiento de desgasificación al vacío aumenta demasiado y, por lo tanto, el límite inferior del C se establece en el 0,0005 %.

- 20 (Mn: manganeso) del 0,80 al 2,50 %

- 25 El Mn es un elemento importante en la presente invención. El Mn tiene el efecto de aumentar la templabilidad durante la laminación en frío después de la finalización de la laminación en caliente y convertir la estructura de una chapa laminada en caliente en ferrita bainítica. Además, el Mn está contenido con el B de una manera compuesta, y por lo tanto se suprime la recuperación durante el recocido después de la laminación en frío. Como se describe anteriormente, en los granos trabajados en la orientación de la fibra  $\gamma$ , de los cuales se suprime la recuperación, es probable que recristalicen en la orientación  $\{557\} < 9 16 5 >$  y mejore el módulo de Young. Por lo tanto, en la presente invención, se contiene un 0,8 % o más de Mn. Además, desde este punto de vista, se contiene convenientemente un 1,0 % o más de Mn.

- 30 Por otro lado, cuando se contiene más del 2,5 % de Mn, se retrasa la recristalización, se desarrolla la orientación  $\{112\} < 110 >$ , y se deteriora el módulo de Young en la dirección de  $45^\circ$ . Por lo tanto, el límite superior del Mn se establece en el 2,5 %. Además, desde este punto de vista, el Mn se establece más convenientemente en el 2,0 % o menos, y es aún convenientemente el 1,5 % o menos.

(Ti: titanio) del 0,002 a 0,150 %

- 35 El Ti es un elemento importante que contribuye a mejorar la capacidad de estiramiento profundo y el módulo de Young. El Ti forma nitruro en una zona de alta temperatura de fase  $\gamma$ , y suprime la recristalización causada cuando se trabaja una fase  $\gamma$  en la laminación en caliente de manera similar al Nb que se describirá más adelante. Además, durante el bobinado, el Ti precipita como TiC para de ese modo disminuir la cantidad de solución sólida de C y mejorar la capacidad de estiramiento profundo en particular. Además, se forma TiN a alta temperatura, y de ese modo se suprime la precipitación del BN, y así se puede asegurar la solución sólida de B, de modo que se promueve el desarrollo de una textura favorable para la mejora en el módulo de Young. Para obtener este efecto, se necesita que esté contenido el 0,002 % o más de Ti. Por otro lado, cuando está contenido el 0,150 % o más de Ti, aumenta una temperatura de recristalización y se deteriora significativamente la trabajabilidad, de modo que este valor se establece como el límite superior. Además, desde este punto de vista, la cantidad de Ti se establece preferiblemente en el 0,100 % o menos, y es más preferiblemente el 0,060 % o menos.

- 45 (B: boro) del 0,0005 a 0,01 %

- 50 El B es también un elemento importante en la presente invención de manera similar al Ti. El B optimiza la templabilidad y una microestructura y una textura de una chapa laminada en caliente. Además, el B está contenido con el Mn en manera compuesta, retrasando moderadamente de ese modo la recuperación durante el recocido después de la laminación en frío para contribuir a la formación de la textura óptima. Desde este punto de vista, está contenido el 0,0005 % o más de B, y está contenido más convenientemente el 0,001 % o más de B. Por otro lado, un contenido de más del 0,01 % de B aumenta significativamente la temperatura de recristalización lo que causa el deterioro de la trabajabilidad, de modo que este valor se establece como el límite superior. Además, desde este

punto de vista, la cantidad de B se establece convenientemente en el 0,004 % o menos, y es más convenientemente el 0,003 % o menos.

Para la desoxidación, están contenido el Si y el Al.

(Si: silicio) del 0,01 al 1,0 %

- 5 El límite inferior del Si es el 0,01 % o más, debido a que el Si es un elemento desoxidante. Además, el Si es un elemento para aumentar la resistencia mediante el fortalecimiento de la solución sólida, por lo que está contenido con un límite superior que es el 1,0 % según el uso. Cuando está contenido más del 1,0 % de Si, se produce el deterioro de la trabajabilidad, por lo que este valor se establece como el límite superior. Además, el contenido de Si provoca un defecto de escama que ocurre durante la laminación en caliente, que se denomina escama de Si, y
- 10 disminuye adicionalmente la adhesividad del recubrimiento, de modo que se establece más convenientemente en el 0,8 % o menos. Además, desde este punto de vista, el contenido de Si es aún más convenientemente el 0,6 % o menos.

(Al: aluminio) del 0,010 al 0,10 %

- 15 El Al es un agente de preparación de la desoxidación, y su límite inferior en términos de un efecto de desoxidación, se establece en el 0,010 % o más. Por otro lado, el Al es un elemento para aumentar significativamente un punto de transformación, y cuando se añade más del 0,10 % de Al, se hace difícil llevar a cabo la laminación de la región  $\gamma$ , de modo que el límite superior se establece en el 0,10 %.

Componentes opcionales

- 20 En la presente invención, además de los componentes esenciales anteriormente descritos, también pueden estar contenidos los siguientes componentes opcionales en intervalos predeterminados.

(Nb: niobio) del 0 a 0,040 %

- 25 además, el Nb está contenido más convenientemente en un intervalo predeterminado. El Nb suprime significativamente la recristalización causada cuando se trabaja una fase  $\gamma$  en la laminación en caliente y promueve significativamente la formación de una textura trabajada en una fase  $\gamma$ . Además, el Nb forma NbC durante el bobinado para disminuir la solución sólida de C para de ese modo contribuir a la mejora de la capacidad de estiramiento profundo. Desde este punto de vista, está contenido convenientemente el 0,005 % o más de Nb, y está contenido más convenientemente el 0,015 % o más de Nb. Sin embargo, cuando el contenido de Nb supera el 0,040 %, se suprime la recristalización en el momento del recocido y se deteriora la capacidad de estiramiento profundo.
- 30 Por lo tanto, el límite superior del contenido de Nb se establece en el 0,04 %. Además, desde este punto de vista, el contenido de Nb se establece más convenientemente en el 0,03 % o menos, y es aún más convenientemente el 0,025 % o menos.

Además, en la presente invención, como un elemento para mejorar las propiedades del acero, están contenidos más convenientemente uno o dos o más de Mo, Cr, W, Cu y Ni. Concretamente, están contenidos uno o dos o más de Mo del 0,005 al 0,500 % y Cr, W, Cu y Ni cada uno en un intervalo del 0,005 al 3,000 %.

- 35 (Mo: molibdeno) del 0 a 0,005 %

- El Mo es un elemento que mejora la templabilidad y tiene un efecto de aumentar la resistencia mediante la formación de carburo. Por lo tanto, cuando está contenido el Mo, está contenido convenientemente en el 0,005 % o más. Por otro lado, cuando está contenido más del 0,5 % de Mo, se reducen la ductilidad y la soldabilidad. Desde este punto de vista, el Mo está contenido convenientemente en un intervalo de no menos del 0,005 % ni más del 0,005 % según la necesidad.
- 40

(Cr: cromo) del 0 a 3,000 %

- El Cr también es un elemento que mejora la templabilidad y tiene un efecto de aumentar la resistencia mediante la formación de carburo. Por lo tanto, cuando está contenido el Cr, está contenido convenientemente en el 0,005 % o más. Por otro lado, cuando está contenido más del 3,000 % de Cr, se reducen la ductilidad y la soldabilidad. Desde este punto de vista, el Cr está contenido convenientemente en un intervalo de no menos del 0,005 % ni más del 3,000 % según la necesidad.
- 45

(W: tungsteno) del 0 a 3,000 %

- El W también es un elemento que mejora la templabilidad y tiene el efecto de aumentar la resistencia mediante la formación de carburo. Por lo tanto, cuando está contenido el W, está contenido convenientemente en el 0,005 % o más. Por otro lado, cuando está contenido más del 3,000 % de W, se reducen la ductilidad y la soldabilidad. Desde este punto de vista, el W está contenido convenientemente en un intervalo de no menos del 0,005 % ni más del 3,000 % según la necesidad.
- 50

(Cu: cobre) del 0 a 3,000 %

5 El Cu es un elemento que aumenta la resistencia de una chapa de acero y mejora la resistencia a la corrosión y la capacidad de eliminación de las escamas. Por lo tanto, cuando está contenido el Cu, está contenido convenientemente en el 0,005 % o más. Por otro lado, cuando está contenido más del 3,000 % de Cu, el Cu causa un defecto en la superficie, de modo que el Cu está contenido convenientemente en un intervalo de no menos del 0,005 % ni más del 3,000 % según la necesidad.

(Ni: níquel) del 0 a 3,000 %

10 El Ni es un elemento que aumenta la resistencia de una chapa de acero y mejora la tenacidad. Por lo tanto, cuando está contenido el Ni, está contenido convenientemente en el 0,005 % o más. Por otro lado, cuando está contenido el más del 3,000 % de Ni, el Ni causa el deterioro de la ductilidad, de modo que el Ni está contenido convenientemente en un intervalo de no menos del 0,005 % ni más del 3,000 % según la necesidad.

(Ca: del 0 al 0,1000 %, REM: del 0 al 0,1000 %, y V: del 0 al 0,100 %)

15 Además, en la presente invención, como un elemento para obtener un efecto de aumentar la resistencia y mejorar el material de una chapa de acero, están contenidos adicionalmente preferiblemente uno o dos o más de Ca, REM (por sus siglas en inglés, elemento de tierras raras), y V.

20 Cuando los contenidos de Ca y REM son cada uno menos del 0,0005 % y la cantidad añadida de V es menos del 0,001 %, a veces no se obtiene de manera suficiente el efecto descrito anteriormente. Por otro lado, cuando los contenidos de Ca y REM son cada uno mayores de 0,1000 % y el contenido de V es mayor del 0,100 %, a veces se ve afectada la ductilidad. Por lo tanto, cuando están contenidos Ca, REM y V, el Ca está contenido preferiblemente en un intervalo del 0,0005 al 0,1000 %, REM está contenido preferiblemente en un intervalo del 0,0005 a 0,1000 %, y el V está preferiblemente contenido en un intervalo del 0,001 al 0,100 %, respectivamente.

El resto diferente a lo anterior es Fe e impurezas. Como impurezas, se pueden ejemplificar una contenida en una materia prima de mineral, de chatarra y similares, y otra contenida en una etapa de fabricación. En la presente invención, como impurezas representativas, se ejemplifican P, S, N, y similares.

25 (P: fósforo) el 0,15 % o menos

30 El P está contenido en el acero como una impureza. El límite inferior del P no está limitado, pero el P es un elemento capaz de mejorar la resistencia a bajo costo, por lo que también puede estar contenido en más del 0,01 %. Además, desde este punto de vista, está contenido convenientemente el 0,02 % o más de P. Por otro lado, el contenido del 0,15 % o más de P causa un agrietamiento de trabajo secundario, de modo que se establece el 0,15 % como el límite superior. Además, desde este punto de vista, la cantidad de P se establece más convenientemente en el 0,1 % o menos, y es aún más convenientemente el 0,08 % o menos.

(S: azufre) el 0,010 % o menos

35 El S está contenido en el acero como una impureza. El S forma MnS para causar el deterioro de la trabajabilidad y disminuir la cantidad de solución sólida de Mn, de modo que se establece el 0,010 % como el límite superior. Además, desde este punto de vista, la cantidad de S se establece más convenientemente en el 0,008 % o menos.

(N: nitrógeno) el 0,006 % o menos

40 El N es una impureza contenida en el acero, y su límite inferior no se establece en particular, pero cuando el N se establece en menos del 0,0005 %, aumenta el costo de la fabricación del acero, por lo que preferiblemente se establece en el 0,0005 % o más. Por otro lado, el N forma TiN con el Ti a alta temperatura y suprime la recristalización en una fase  $\gamma$ , pero cuando se aumenta demasiado la cantidad de TiN, se deteriora la trabajabilidad, de modo que el límite superior del N se establece en el 0,006 %. Además, desde este punto de vista, la cantidad de N se establece en el 0,0040 %, y más preferiblemente se establece en el 0,0020 % o menos. Incidentalmente, cuando está contenido el N que es igual o más que el equivalente de Ti ( $48\text{Ti}/14$ ) del TiN, el N restante forma BN y disminuye la cantidad de solución sólida de B, lo que resulta en un efecto de endurecimiento y una disminución del efecto de la supresión de la recuperación. Por lo tanto, la cantidad de N se establece más convenientemente en  $48\text{Ti}/14$  o menos.

45 Además, el acero de la presente invención también puede contener adicionalmente elementos para mejorar las propiedades del acero además de los elementos anteriores, y además como el resto está contenido el Fe, y también pueden estar contenidos elementos que están mezclados inevitablemente, tales como Sn y As (impurezas inevitables)

(Expresión relacional de la cantidad de Mn y de la cantidad de B)

A continuación, se explicará en detalle la Expresión (1) mostrada a continuación que es una expresión relacional de la cantidad de Mn y de la cantidad de B.

En la presente invención, están contenidos el Mn y el B en los intervalos que satisfacen la relación expresada por la Expresión (1) mostrada a continuación.

$$0,07 \leq (\text{Mn (\% en masa)} - \text{Mn}^* (\% \text{ en masa})) / (\text{B (ppm)} - \text{B}^* (\text{ppm})) - \text{B}^* (\text{ppm}) \leq 0,2 \dots (1)$$

Sin embargo, la Expresión (1) anterior se establece de la siguiente manera.

5

$$\text{Mn}^* (\% \text{ en masa}) = 55\text{S} (\% \text{ en masa}) / 32$$

$$\text{B}^* (\text{ppm}) = 10 (\text{N} (\% \text{ en masa}) - 14\text{Ti} (\% \text{ en masa}) / 48) / 14 \times 10.000$$

En el caso de  $\text{Mn}^* < 0$  y  $\text{B}^* < 0$ ,  $\text{B}^*$  se establece en 0.

La Expresión (1) anterior expresa la relación de la cantidad de solución sólida de Mn y de la cantidad de solución sólida de B. Cuando coexisten la solución sólida de Mn y la solución sólida de B, se produce la interacción con la dislocación, se retrasa la recuperación, se desarrolla la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5\rangle$ , y disminuye la orientación  $\{332\}\langle 110\rangle$ . Sin embargo, cuando el valor expresado por la Expresión (1) anterior es menor de 0,07, es demasiado pequeña una relación de abundancia de Mn a B, de modo que el retraso de la recuperación obtenido por la interacción se vuelve insuficiente para causar un aumento en la orientación  $\{332\}\langle 110\rangle$  y una disminución en la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5\rangle$ , y la orientación  $\{111\}\langle 112\rangle$  se convierte en la orientación principal. Por lo tanto, este valor de 0,07 se establece en el límite inferior. Desde este punto de vista, con respecto al valor expresado por la Expresión (1) anterior, el 0,1 se establece más convenientemente en el límite inferior, y el 0,11 se establece aún más convenientemente en el límite inferior. Por otro lado, incluso cuando el valor expresado por la Expresión (1) anterior supera 0,2, no se puede obtener ningún efecto especial, y además disminuye otras propiedades de la trabajabilidad como la ductilidad. Por lo tanto, este valor de 0,2 se establece como el límite superior. Además, desde este punto de vista, este valor es adicionalmente convenientemente el 0,19 o menos.

20

#### Orientación cristalina

A continuación, se explicarán las orientaciones cristalinas de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención.

Con respecto a la chapa de acero laminada en frío de la presente invención, en la posición de  $\frac{1}{4}$  del espesor de un espesor de chapa, la relación de la intensidad aleatoria (A) y la orientación  $\{332\}\langle 110\rangle$  es 3 o menos, la relación de la intensidad aleatoria (B) de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5\rangle$  y la relación de la intensidad aleatoria (C) de la orientación  $\{111\}\langle 112\rangle$  son ambas 7 o más, y se satisfacen  $\{(B)/(A) \geq 5\}$  y  $\{(B) > (C)\}$ .

25

La Figura 1 muestra una ODF (por sus siglas en inglés, función de distribución de orientación cristalina) de una sección transversal de  $\phi_2 = 45^\circ$  donde se muestran las orientaciones cristalinas de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención. En la presente invención, con respecto a las orientaciones de los cristales, normalmente, la orientación vertical a la superficie de una chapa se representa como  $[hkl]$  o  $\{hkl\}$  y la orientación paralela a una dirección de la laminación se representa como  $(uvw)$  o  $\langle uvw \rangle$ .  $\{hkl\}$  y  $\langle uvw \rangle$  son términos genéricos de planos equivalentes, y  $[hkl]$  y  $(uvw)$  indican planos cristalinos individuales. Es decir, en la presente invención, se pretende una estructura b.c.c., de modo que, por ejemplo, los planos (111), (-111), (1-11), (11-1), (-1-11), (-11-1), (1-1-1), y (-1-1-1) son equivalentes entre sí y no se pueden distinguir entre sí. En tal caso, estas orientaciones se denominan genéricamente como  $\{111\}$ .

30

35

Incidentalmente, la ODF (por sus siglas en inglés) se usa también para mostrar las orientaciones de una estructura cristalina simétrica baja, que se expresa por  $\phi_1 = 0$  a  $360^\circ$ ,  $\Phi = 0$  a  $180^\circ$ , y  $\phi_2 = 0$  a  $360^\circ$  en general, y las orientaciones individuales se representan por  $[hkl]$   $(uvw)$ . Sin embargo, en la presente invención, se pretende un cristal cúbico centrado en el cuerpo altamente simétrico, de modo que con respecto a  $\Phi$  y  $\phi_2$ , estos se expresan en el intervalo de  $0$  a  $90^\circ$ . Además, con respecto a  $\phi_1$ , su intervalo cambia dependiendo de si se considera o no la simetría debido a la deformación cuando se lleva a cabo el cálculo, pero en la presente invención, se considera la simetría y las orientaciones se expresan por  $\phi_1 = 0$  a  $90^\circ$ , y concretamente en la presente invención, se selecciona un método en el que se muestra el valor promedio de las mismas orientaciones expresado por  $\phi_1 = 0$  a  $360^\circ$  en la ODF (por sus siglas en inglés) de  $0$  a  $90^\circ$ . En este caso,  $[hkl]$   $(uvw)$  y  $\{hkl\}\langle uvw \rangle$  son sinónimos. Así, por ejemplo, la relación de intensidad aleatoria de  $(110)[1-11]$  de la ODF (por sus siglas en inglés) en la sección transversal de  $\phi_2 = 45^\circ$  que se muestra en la Figura 1 es la relación de la intensidad aleatoria de la orientación  $\{110\}\langle 111 \rangle$ .

40

45

En la presente invención, las relaciones de intensidad aleatoria de la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$ , de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$ , y de la orientación  $\{111\}\langle 112 \rangle$  se pueden obtener a partir de una función de distribución de orientación cristalina (ODF: función de distribución de orientación) que muestra una textura tridimensional calculada por un método de expansión de series basado en varias figuras de polos entre las figuras de polos  $\{110\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{211\}$  y  $\{310\}$  medidas por difracción de rayos X. Incidentalmente, la relación de intensidad aleatoria es un valor numérico obtenido midiendo las intensidades de rayos X de una muestra estándar sin acumulación en una orientación específica y una muestra de prueba en las mismas condiciones por difracción de rayos X o similar y dividiendo la intensidad de rayos X obtenida de la muestra de prueba por la intensidad de rayos X de la muestra estándar.

50

55

Como se muestra en la Figura 1, la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$  que es una de las orientaciones cristalinas de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención se expresa por  $\varphi_1 = 0^\circ$ ,  $\Phi = 65^\circ$  y  $\varphi_2 = 45^\circ$  en la ODF (por sus siglas en inglés). Sin embargo, a veces ocurren errores de medición causados por el trabajo de una pieza de prueba y el ajuste de una muestra, de modo que el valor de la relación de intensidad aleatoria (A) de la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$  se establece en la relación de intensidad aleatoria máxima en intervalo de  $\varphi_1 = 0$  a  $2^\circ$  y  $\Phi = 63$  a  $67^\circ$  y el límite superior del valor se establece en 3. Cuando este valor sea mayor de 3,0, disminuye el módulo de Young en la dirección transversal en particular, de modo que este valor se establece como el límite superior. Además, desde este punto de vista, (A) se establece convenientemente en 2,0 o menos, y es adicionalmente convenientemente 1,5 o menos. El límite inferior del valor de la relación de intensidad aleatoria (A) no está definido en particular, pero en principio el valor de menos de 0 no tiene sentido, de modo que este valor se establece como el límite inferior.

Además, la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  se expresa por  $\varphi_1 = 20^\circ$ ,  $\Phi = 45^\circ$  y  $\varphi_2 = 45^\circ$  en la ODF (por sus siglas en inglés). Como se describió anteriormente, en la presente invención, en consideración con los errores de medición causados por el trabajo de una pieza de prueba y similares, el valor de la relación de intensidad aleatoria (B) de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  se establece en la relación de intensidad aleatoria máxima en el intervalo de  $\varphi_1 = 18$  a  $22^\circ$  y  $\Phi = 43$  a  $47^\circ$  y el límite inferior del valor se establece en 7. Además, desde este punto de vista, el valor de la relación de intensidad aleatoria (B) es más convenientemente 9 o más, y es aún más convenientemente 11 o más. Esta orientación es una orientación favorable capaz de mejorar el módulo de Young en ambas direcciones a 220 GPa o más, de modo que no se establece el límite superior de la relación de intensidad aleatoria (B), pero si la relación de intensidad aleatoria se hace 30 o más indica que todas las orientaciones de los granos cristalinos en la chapa de acero están alineadas, concretamente la lámina de acero se convierte en un cristal único, y se podría producir un deterioro de la trabajabilidad y similar, de modo que se establece convenientemente en menos del 30.

Además, la orientación  $\{111\}\langle 112 \rangle$  se expresa por  $\varphi_1 = 90^\circ$ ,  $\Phi = 55^\circ$ , y  $\varphi_2 = 45^\circ$  en la ODF (por sus siglas en inglés). En la presente invención, en consideración con los errores de medición causados por el trabajo de una pieza de prueba y similares descritos anteriormente, el valor de la relación de intensidad aleatoria (C) de la orientación  $\{111\}\langle 112 \rangle$  se establece en la relación de intensidad aleatoria máxima en el intervalo de  $\varphi_1 = 88$  a  $90^\circ$  y  $\Phi = 53$  a  $57^\circ$  y el límite inferior del valor se establece en 7. Cuando este valor es menor de 7, no se puede obtener un valor de  $r$  promedio alto. Sin embargo, cuando el valor de la relación de intensidad aleatoria (C) es mayor que el de la relación de intensidad aleatoria (B), disminuye el módulo de Young en la dirección transversal, de modo que se establece la relación de  $\{(B) > (C)\}$ . Además, desde este punto de vista, se satisface más convenientemente la relación de  $\{(B) > 1,2(C)\}$ .

Además, la relación de intensidad aleatoria (A) de la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$  y la relación de intensidad aleatoria (B) de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  satisfacen  $\{(B)/(A) \geq 5\}$ . Cuando este valor es menor de 5, se hace difícil lograr un alto módulo de Young en la dirección transversal, que es 225 GPa o más. Además, desde este punto de vista, el valor expresado por la expresión descrita anteriormente es más convenientemente 10 o más.

Incidentalmente, la preparación de las muestras para la difracción de rayos X se lleva a cabo de la siguiente manera.

Primero, la chapa de acero se pule a una posición predeterminada en la dirección del espesor de la chapa mediante pulido mecánico, pulido químico, o similar para terminar en una superficie de espejo mediante pulido, y después al mismo tiempo que se elimina la tensión por pulido electrolítico o pulido químico, la chapa de acero se ajusta de modo que una porción de  $\frac{1}{4}$  del espesor de chapa pueda convertirse en una superficie de medición. En la presente invención, es difícil colocar con precisión la superficie de medición en una posición predeterminada del espesor de la chapa, de modo que será suficiente preparar la muestra para que una región dentro del intervalo del 3 % del espesor de la chapa pueda convertirse en la superficie de medición estando la posición objetivo en el centro. Además, cuando es difícil de llevar a cabo la medición por difracción de rayos X, también se puede llevar a cabo un número estadísticamente suficiente de mediciones mediante un método EBSP (por sus siglas en inglés, diagrama de electrones retrodispersados) o mediante un método ECP (por sus siglas en inglés, diagrama de canales de electrones).

#### Método de fabricación

A continuación, se explicarán en detalle las condiciones de fabricación de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención.

En el método de fabricación de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención, primero se calienta una palanquilla de acero con los componentes químicos descritos con anterioridad a  $1.150^\circ\text{C}$  o más. A continuación, en el intervalo de temperaturas de  $1.000$  a  $950^\circ\text{C}$ , se lleva a cabo la laminación con una relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) mostrada a continuación de 4,4 o menos durante al menos un paso o más con una temperatura de inicio de la laminación de acabado establecida de  $1.000$  a  $1.100^\circ\text{C}$ . A continuación, en el intervalo de temperaturas de no menos de una temperatura  $50^\circ\text{C}$  menos que una temperatura de transformación A3 obtenida por la Expresión (3) mostrada a continuación (temperatura de transformación A3  $-50^\circ\text{C}$ ) ni más de  $950^\circ\text{C}$ , se lleva a cabo la laminación con la relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) mostrada a continuación de 3,0 a 4,2 durante al menos un paso o más. A continuación, después de la finalización de la laminación de acabado, se

5 inicia el enfriamiento en 2 segundos, se enfría la temperatura dentro de un intervalo de hasta 700°C a una velocidad de enfriamiento promedio de 15°C/s o más, y después se lleva a cabo el bobinado en el intervalo de temperaturas de 500 a 650°C. A continuación, después se lleva a cabo el decapado, se lleva a cabo la laminación en frío a una relación de reducción del 50 al 90 %. Después, se calienta la temperatura en un intervalo desde la temperaturas ambiente a 650°C a una velocidad de calentamiento promedio de 2 a 20°C/s, y además se calienta la temperatura de 650°C a 700°C a una velocidad de calentamiento promedio de 2 a 15°C/s. A continuación, se lleva a cabo el recocido para llevar a cabo la retención durante 1 segundo o más en el intervalo de temperaturas de no menos de 700°C ni más de 900°C.

$$X \text{ (relación de forma)} = l_d/h_m \dots (2)$$

10 La Expresión (2) anterior se establece de la siguiente manera.

$l_d$  (longitud del arco de contacto del rodillo de laminación en caliente y de la chapa de acero):  $\sqrt{(L \times (h_{entrada} - h_{salida}))/2}$

$h_m$ :  $(h_{entrada} + h_{salida}) / 2$

L: diámetro del rodillo (mm)

15  $h_{entrada}$ : espesor de la chapa del lado de la entrada del rodillo de laminación (mm)

$h_{salida}$ : espesor de la chapa del lado de la salida del rodillo de laminación (mm)

$$A_3 \text{ (}^\circ\text{C)} = 937,2 - 476,5C + 56Si - 19,7Mn - 16,3Cu - 26,6Ni - 4,9Cr + 38,1Mo + 136,3Ti - 19,1Nb + 124,8V + 198,4Al + 3315,0B \dots (3)$$

20 En la Expresión (3) anterior, C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, Ti, Nb, V, Al y B son los contenidos de los respectivos elementos [% en masa]. Con respecto a una chapa de acero en la que no se pretende que contenga Si, Al, Cu, Ni, Cr, Mo, Nb y V, la Expresión se calcula con los porcentajes de los contenidos de cada uno de estos elementos en el 0 %. (Es decir, cuando el Si es menos del 0,01 %, se establece en el 0 %. Cuando el Al es menos del 0,010 %, se establece en el 0 %. Cuando el Cu es menos del 0,005 %, se establece en el 0 %. Cuando el Ni es menos del 0,005 %, se establece en el 0 %. Cuando el Cr es menos del 0,005 %, se establece en el 0 %. Cuando el Mo es menos del 0,005 %, se establece en el 0 %. Cuando el Nb es menos del 0,005 %, se establece en el 0 %. Cuando el V es menos del 0,001 %, se establece en el 0 %).

25 En el método de fabricación de la presente invención, primero, se funde y se moldea un acero por métodos ordinarios para obtener una palanquilla de acero que se someterá a laminación en caliente. Esta palanquilla de acero puede ser la obtenida mediante forja o laminación de un lingote de acero, pero en términos de productividad, la palanquilla de acero se fabrica preferiblemente por colada continua. Además, también se puede fabricar usando una instalación de colada de losa delgada, o similar.

30 Además, la palanquilla de acero normalmente se moldea para después enfriarla, y se calienta nuevamente para llevar a cabo la laminación en caliente. En este caso, la temperatura de calentamiento de la palanquilla de acero cuando se lleva a cabo la laminación en caliente se establece en 1.150°C o más. Esto es porque cuando la temperatura de calentamiento de la palanquilla de acero es menos de 1.150°C, el Nb y el Ti no se disuelven suficientemente en forma sólida, y por lo tanto se inhibe la formación de una textura adecuada para lograr un alto módulo de Young durante la laminación en caliente. Además, también desde el punto de vista del calentamiento uniforme eficiente de la palanquilla de acero, la temperatura de calentamiento se establece en 1.150°C o más. El límite superior de la temperatura de calentamiento no está definido, pero cuando se calienta a más de 1.300°C, el diámetro del grano cristalino de la chapa de acero se vuelve grueso para a veces afectar la trabajabilidad. Incidentalmente, también se puede emplear un proceso tal como la laminación directa de colada continua (CC-DR, por sus siglas en inglés), en el que se moldea un acero fundido para después ser laminado en caliente directamente.

35 En la presente invención, es importante la temperatura de inicio de la laminación de acabado, y su intervalo de temperaturas se establece de 1.000 a 1.100°C. Cuando la temperatura de inicio de la laminación de acabado es más de 1.100°C, no se acumula suficientemente deformación durante la laminación en una etapa previa a la laminación de acabado, y durante la laminación en caliente, no se desarrolla una textura trabajada y los granos de una chapa laminada en caliente no se vuelven finos, de modo que después de la laminación en frío y del recocido, se desarrolla la orientación {332}<110>. Además, desde este punto de vista, la laminación de acabado se inicia más convenientemente a 1.050°C o menos. Por otro lado, cuando la laminación se inicia a menos de 1.000°C, se hace difícil terminar la laminación en caliente a (temperatura de transformación A3-50)°C o más, que se obtiene mediante la Expresión (3) anterior, y se desarrolla la orientación para perjudicar el módulo de Young, por lo que 1.000°C se establece como el límite inferior.

40 Además, en el método de fabricación de la presente invención, en la zona de temperaturas de 1.000 a 950°C, se lleva a cabo una laminación con la relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) anterior por encima de 4,4 o menos para al menos un paso o más. Mediante la laminación en este intervalo de temperaturas, se recristaliza una

estructura de austenita laminada en caliente para de ese modo hacer que el diámetro de grano de la chapa laminada en caliente sea fino, y se obtiene un efecto de suprimir el desarrollo de la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$  después de la laminación en frío y del recocido. Sin embargo, cuando la relación de forma supera 4,4, en el momento de la laminación en frío y del recocido de recristalización, no se forma fácilmente la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  en la vecindad de la superficie, de modo que el límite superior de la relación de forma se limita a 4,4. El intervalo preferible es 4,2 o menos.

Posteriormente a la laminación descrita anteriormente, en la zona de temperaturas de no menos de (la temperatura de transformación A3 -50)°C ni más de 950°C, se lleva a cabo la laminación con la relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) anterior de 3,0 a 4,2 para al menos un paso o más.

10 La temperatura de transformación A3 se obtiene mediante la Expresión (3) anterior. Cuando la laminación se lleva a cabo a una temperatura de menos de (la temperatura de transformación A3 -50)°C, la laminación da como resultado un laminado en caliente de región- $\alpha$  y se desarrolla la orientación  $\{100\}\langle 001 \rangle$  para disminuir el módulo de Young, y disminuye el diámetro de grano de la chapa laminada en caliente, y se debilita la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$ . Por lo tanto, esta temperatura se establece como el límite inferior. Por otro lado, a menos que se aplique una deformación por cizalladura moderada en la zona de temperaturas de 950°C o menos donde se suprime la recristalización, no se forma una estructura inicial para ser un sitio de nucleación de la orientación  $\{557\}\langle 9\ 16\ 5 \rangle$  en el momento de la laminación en frío y del recocido de recristalización, de modo que esta temperatura se establece como el límite superior. Además, desde este punto de vista, la temperatura de laminación anteriormente descrita se establece preferiblemente en 933°C o menos.

20 Cuando se lleva a cabo la laminación en la zona de temperaturas de no menos de (la temperatura de transformación A3 -50)°C ni más de 950°C, la relación de forma determinada por la Expresión (2) anterior es menos de 3,0, no se aplica suficiente deformación por cizalladura, por lo que este valor se establece como el límite inferior. Por otro lado, cuando la laminación se lleva a cabo con la relación de forma de 4.2 o más, en la capa más superior de la chapa laminada en caliente, la orientación para aumentar la anisotropía del valor de r se desarrolla después de la laminación en frío y del recocido, de modo que este valor se establece como el límite superior. Incidentalmente, el diámetro del rodillo de laminación L se mide a temperatura ambiente, y no es necesario tener en cuenta el aplanamiento durante la laminación en caliente. Además, de cada rodillo de laminación, se pueden medir in situ el espesor de la chapa del lado de la entrada y el espesor de la chapa del lado de salida mediante el uso de radiaciones o similares, o también se pueden obtener mediante cálculo teniendo en cuenta la resistencia a la deformación y similares mediante una carga de laminación.

30 A continuación, una vez finaliza la laminación de acabado final, se inicia el enfriamiento en 2 segundos y el enfriamiento se lleva a cabo hasta 700°C a una velocidad de enfriamiento promedio de 15°C/s o más. El período de tiempo hasta el inicio del enfriamiento es convenientemente 1,5 segundos o menos. Cuando el período de tiempo hasta el inicio del enfriamiento después de la finalización de la laminación de acabado final supera los 2 segundos, el diámetro del grano de la chapa laminada en caliente se vuelve grueso, y en el momento de la laminación en frío y del recocido de recristalización, se intensifica la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$ . Además, cuando la temperatura de enfriamiento alcanzada es más de 700°C y la velocidad de enfriamiento es menos de 15°C/s, resulta insuficiente la templabilidad, aumenta el diámetro de grano de la chapa laminada en caliente, la estructura se convierte en ferrita poligonal, y se intensifica la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$ . Por lo tanto, en la presente invención, 15°C/s se establece como el límite inferior de la velocidad de enfriamiento promedio. Incidentalmente, no está definido el límite superior de la velocidad de enfriamiento promedio, pero el enfriamiento a 100°C/s o más requiere proporcionar una excesiva instalación, y tampoco se puede obtener ningún efecto especial, por lo que el enfriamiento se lleva a cabo convenientemente a una velocidad de menos de 100°C/s.

45 Después del enfriamiento llevado a cabo en la condición descrita anteriormente, se lleva a cabo el bobinado en el intervalo de temperaturas de 500 a 650°C. Cuando la temperatura de bobinado se hace menos de 500°C, no precipitan el TiC o el NbC, permanece la solución sólida de C, y disminuye el valor de r, de modo que este valor se establece como el límite inferior de la temperatura de bobinado. Por otro lado, cuando la temperatura de bobinado se hace mayor de 650°C, aumenta el diámetro de grano de la chapa laminada en caliente, la estructura se convierte en ferrita poligonal con límites de grano lineales, y aumenta la orientación  $\{332\}\langle 110 \rangle$ . Por lo tanto, en la presente invención, 650°C se establece como el límite superior de la temperatura de bobinado. Además, desde este punto de vista, la temperatura de bobinado se establece más convenientemente a 600°C o menos.

55 A continuación, se decapa la chapa de acero laminada en caliente fabricada por el método descrito anteriormente, para después someterla a laminación en frío a una relación de reducción en el intervalo del 50 al 90 %. Cuando la relación de reducción en la laminación en frío se establece en menos del 50 %, no se desarrolla una textura laminada en frío suficiente y disminuye el valor de r, de modo que este valor se establece como el límite inferior. Además, desde este punto de vista, la relación de reducción en la laminación en frío es más convenientemente el 60 % o más, y aún es más convenientemente el 65 % o más. Por otro lado, cuando la relación de reducción se hace más del 90 %, aumenta la carga en un laminador en frío, y aumentan el grado de integración de la orientación  $\{110\}\langle 001 \rangle$  que es una orientación para aumentar la anisotropía del valor de r y el grado de integración de la orientación  $\{110\}\langle 012 \rangle$  disminuyendo los valores absolutos del valor de r y del módulo de Young, de modo que este valor se

establece como el límite superior. Además, desde este punto de vista, la relación de reducción en la laminación en frío se establece más convenientemente en el 85 % o menos, y es aún más convenientemente el 80 % o menos.

5 A continuación, se lleva a cabo el recocido. En esta ocasión, se establece una velocidad de calentamiento promedio desde la temperatura ambiente hasta 650°C de 2 a 20°C/s. Cuando esta velocidad de calentamiento es menos de 2°C/s, se produce la recristalización a baja temperatura y se debilita la orientación {557}<9 16 5>, de modo que este valor se establece como el límite inferior. Además, desde este punto de vista, la velocidad de calentamiento se establece más convenientemente en 4°C/s o más. Por otro lado, cuando la velocidad de calentamiento supera los 20°C/s, la recristalización no comienza durante el calentamiento y se desarrolla la orientación {112}<110>, de modo que se produce una disminución en el valor de r en la dirección de 45°. Además, desde este punto de vista, la velocidad de calentamiento se establece más convenientemente en 15°C/s o menos.

10 A continuación, se lleva a cabo el calentamiento en el intervalo de 650°C a 700°C, y se establece una velocidad de calentamiento promedio en este intervalo de temperaturas de 2 a 15°C/s. Cuando esta velocidad de calentamiento es menos de 2°C/s, se debilita la orientación {557}<9 16 5>, de modo que este valor se establece como el límite inferior. Además, desde este punto de vista, la velocidad de calentamiento se establece más convenientemente en 4°C/s o más. Por otro lado, cuando la velocidad de calentamiento supera los 15°C/s, la recristalización no comienza durante el calentamiento y se desarrolla la orientación {112}<110>, por lo que se produce una disminución en el valor de r en la dirección de 45°, y además se intensifica la orientación {332}<110>. Desde este punto de vista, la velocidad de calentamiento se establece más convenientemente en 10°C/s o menos.

20 Después de llevar a cabo el calentamiento hasta 700°C a la velocidad de calentamiento descrita anteriormente, se lleva a cabo además el calentamiento a no menos de 700°C ni a más de 900°C durante 1 segundo o más. Cuando una temperatura de recocido es 700°C o menos, permanece como tal una estructura trabajada formada en el momento de la laminación en frío y, por lo tanto, disminuye significativamente la capacidad para el conformado, de modo que esta temperatura se establece como el valor límite inferior del recocido. Por otro lado, cuando la temperatura de recocido se hace mayor de 900°C, se rompe la textura y se deteriora la capacidad de fijación de la forma, de modo que esta temperatura se establece como el límite superior.

25 Incidentalmente, en el método de fabricación de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención, después del recocido llevado a cabo en la condición descrita anteriormente, también se puede llevar a cabo la laminación y temple en línea o fuera de línea a una relación de reducción del 10 % o menos.

30 Chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, y chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada

35 La chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada de la presente invención es una en la que, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención descrita anteriormente, se lleva a cabo además la electrogalvanización. Además, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente de la presente invención es una en la que, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención descrita anteriormente, se lleva a cabo además la galvanización por inmersión en caliente. Además, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada de la presente invención es una en la que, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío de la presente invención descrita anteriormente, se lleva a cabo además la galvanización por inmersión en caliente y aleación. Como anteriormente, en la presente invención, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío, también se puede llevar a cabo la electrogalvanización, la galvanización por inmersión en caliente, o la galvanización por inmersión en caliente y aleación según el uso.

40 Con respecto a un método de fabricación de la chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada de la presente invención, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío fabricada en las condiciones descritas anteriormente y mediante las etapas descritas anteriormente, se lleva a cabo la electrogalvanización mediante un método convencional bien conocido. Además, con respecto a un método de fabricación de la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente (chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada) de la presente invención, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío fabricada en las condiciones descritas anteriormente y mediante las etapas descritas anteriormente, se lleva a cabo la galvanización por inmersión en caliente mediante un método convencional bien conocido.

45 En esta ocasión, la composición de la galvanización no está limitada en particular, y además del zinc, también pueden estar contenidos según las necesidades Fe, Al, Mn, Cr, Mg, Pb, Sn, Ni y similares.

Mediante los métodos descritos anteriormente, se pueden obtener la chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada y la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente de la presente invención.

55 Después, en el caso de la fabricación de la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada de la presente invención, sobre la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente de la presente invención obtenida por el método descrito anteriormente, se lleva a cabo un tratamiento térmico durante

10 segundos o más en un intervalo de temperaturas de 450 a 600°C, que se establece como un método para llevar a cabo un tratamiento de aleación.

5 El tratamiento de aleación descrito anteriormente (tratamiento térmico) debe llevarse a cabo en el intervalo de 450 a 600°C. Cuando esta temperatura es menos de 450°C, se produce el problema de que la aleación no progresa lo suficiente. Además, cuando es 600°C o más, la aleación progresa excesivamente y la capa de recubrimiento se vuelve quebradiza, de modo que se produce un problema tal como el desprendimiento del recubrimiento causado por el trabajo tal como el prensado.

10 Además, el período de tiempo para el tratamiento de aleación se establece en 10 segundos o más. Cuando el período de tiempo para el tratamiento de aleación es más corto de 10 segundos, la aleación no progresa lo suficiente. Incidentalmente, el límite superior del período de tiempo del tratamiento de aleación no está definido en particular, pero el tratamiento de aleación normalmente se lleva a cabo mediante un equipo de tratamiento térmico instalado en una línea continua, de modo que cuando se lleva a cabo durante más de 3.000 segundos, se deteriora la productividad, o se requiere una inversión en la instalación y se incrementa el costo de fabricación, y por lo tanto este valor se establece preferiblemente en el límite superior.

15 Incidentalmente, en la presente invención, antes del tratamiento de aleación descrito anteriormente, también se puede llevar a cabo de antemano el recocido a una temperatura de transformación Ac3 o menos según la estructura de una instalación de fabricación. Siempre que la temperatura del recocido a llevar a cabo antes del tratamiento de aleación sea una temperatura en la zona de temperaturas descrita anteriormente o menos, la textura apenas cambia, por lo que es posible suprimir una disminución en el módulo de Young.

20 Además, en la presente invención, la laminación y temple descrita anteriormente también se puede llevar a cabo después de la electrogalvanización, de la galvanización, y del tratamiento de aleación.

25 Según la chapa de acero laminada en frío excelente en rigidez y capacidad de estiramiento profundo, la chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y los métodos de fabricación de la misma de la presente invención que se explican anteriormente, la constitución descrita anteriormente hace posible obtener una chapa de acero laminada en frío cuya rigidez es excelente porque el módulo de Young en ambas direcciones es 206 GPa o más, el módulo de Young en la dirección perpendicular a la laminación es 225 GPa o más, y mejora el módulo de Young estático en la dirección de la laminación y cuya capacidad de estiramiento profundo es excelente porque el valor de  $r$  promedio es 1,4 o más, una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, una  
30 chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, o una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada.

35 Así, la aplicación de la presente invención a un miembro de automóvil tal como un miembro de panel, por ejemplo, permite disfrutar suficientemente de los méritos de la mejora de la eficiencia del combustible y de la reducción del peso de la carrocería del vehículo asociados con el adelgazamiento de la chapa de un miembro logrado mediante la mejora de la rigidez además de la mejora en la trabajabilidad, de modo que las contribuciones sociales son inconmensurables.

### Ejemplo

40 En lo sucesivo, la presente invención se explicará más concretamente mediante la cita de ejemplos de la chapa de acero laminada en frío, de la chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, de la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, de la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, y de los métodos de fabricación de la misma de la presente invención. La presente invención no se limita a los siguientes ejemplos, y también se puede llevar a cabo con una modificación apropiada añadida dentro de un intervalo que se ajuste al espíritu descrito anteriormente y al espíritu que se describirá más adelante, y todos están incluidos en el alcance técnico del presente invención

45 En este ejemplo, primero se fundieron aceros con las composiciones mostradas en la Tabla 1 para fabricar palanquillas de acero. Cada una de las palanquillas de acero de la Tabla 1 se calentó para someterla a laminación en bruto de trabajo en caliente, y después se sometió a laminación de acabado en las condiciones mostradas a continuación en la Tabla 2. Un conjunto de laminación de acabado está compuesto por siete etapas en total, y un diámetro de rodillo es de 650 a 830 mm. Además, el espesor de la chapa acabada después del paso final se  
50 establece de 2,3 mm a 4,5 mm.

55 En la Tabla 1, cada subrayado unido a un valor numérico significa que el componente de aleación está fuera del intervalo de la presente invención. "-" significa que cada componente de aleación no está contenido intencionalmente. Además, "EXPRESIÓN (1) Mn/B" mostrado en la Tabla 1 es un valor de "(Mn (% en masa) - Mn\* (% en masa)) / (B (ppm) - B\* (ppm))" en la Expresión (1) anterior. "EXPRESIÓN (3) (A3-50)°C" es un valor de la temperatura 50°C menor que la temperatura de transformación A3, obtenida por la Expresión (3) anterior (la temperatura de transformación A3 -50°C).

En la Tabla 2, cada subrayado unido a un valor numérico significa que una condición de fabricación está fuera del intervalo de la presente invención. SRT [°C] representa una temperatura de calentamiento de la palanquilla de acero, F0T [°C] representa una temperatura del lado de la entrada del primer paso de la laminación de acabado (una temperatura de inicio de la laminación de acabado), FT [°C] representa una temperatura después del paso final de la laminación de acabado, es decir, una temperatura del lado de la salida de la laminación de acabado, t [s] representa un período de tiempo hasta el inicio del enfriamiento después de la laminación de acabado final, una velocidad de enfriamiento indica una velocidad de enfriamiento promedio hasta 700°C después de la finalización de la laminación de acabado, y CT [°C] representa una temperatura de bobinado. Una relación de forma 1 indica una relación de forma del cuarto paso de la laminación de acabado llevada a cabo en la zona de temperaturas de 1.000°C a 950°C, y una relación de forma 2 indica una relación de forma del séptimo paso de la laminación de acabado llevada a cabo en la zona de temperaturas de no menos de (la temperatura de transformación A3 -50)°C ni más de 950°C. Una relación de laminación en frío es un valor de una diferencia entre un espesor de chapa de una chapa laminada en caliente y un espesor de chapa después de la finalización de la laminación en frío dividido por el espesor de chapa de la chapa laminada en caliente mostrado en porcentaje. Una velocidad de calentamiento 1 indica una velocidad de calentamiento promedio desde la temperatura ambiente a 650°C. Una velocidad de calentamiento 2 indica una velocidad de calentamiento promedio de 650°C a 700°C.

[Tabla 1]

N.º ACERO	COMPONENTE DE ACERO (% EN MASA)																	Expresión (1) Mn/B	Expresión (3) A3-50°C	NOTA	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	B	Nb	Mo	Cr	W	Cu	Ni	Ca	Rem				V
A	0,0045	0,01	1,50	0,01	0,008	0,040	0,0023	0,030	0,0014	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	872,2	ACERO PRESENTE INVENCION
B	0,0022	0,38	1,70	0,09	0,004	0,035	0,0022	0,010	0,0009	0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	884,8	ACERO PRESENTE INVENCION
C	0,0036	0,46	1,35	0,07	0,002	0,035	0,0020	0,023	0,0017	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	900,1	ACERO PRESENTE INVENCION
D	0,0044	0,30	1,62	0,05	0,003	0,030	0,0035	0,021	0,0012	0,023	-	-	-	0,05	0,02	-	-	-	0,13	881,0	ACERO PRESENTE INVENCION
E	0,0042	0,18	1,39	0,08	0,002	0,032	0,0018	0,015	0,0009	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	879,3	ACERO PRESENTE INVENCION
F	0,0023	0,72	1,78	0,03	0,006	0,042	0,0022	0,018	0,0011	0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	905,5	ACERO PRESENTE INVENCION
G	0,0018	0,13	1,24	0,10	0,004	0,025	0,0025	0,022	0,0013	0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	881,1	ACERO PRESENTE INVENCION
H	0,0017	0,45	1,79	0,01	0,005	0,042	0,0030	0,030	0,0009	0,009	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	891,6	ACERO PRESENTE INVENCION
I	0,0029	0,55	1,20	0,06	0,006	0,027	0,0018	0,019	0,0009	-	-	-	-	-	-	0,020	-	-	0,13	906,4	ACERO PRESENTE INVENCION
J	0,0032	0,33	1,46	0,06	0,003	0,033	0,0042	0,025	0,0015	0,017	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	890,0	ACERO PRESENTE INVENCION
K	0,0016	0,25	1,35	0,07	0,002	0,035	0,0025	0,009	0,0008	-	-	-	-	-	-	0,0007	-	-	0,17	884,7	ACERO PRESENTE INVENCION
L	0,0046	0,02	1,92	0,05	0,001	0,036	0,0020	0,018	0,0013	0,018	-	0,05	0,05	-	-	-	-	-	0,15	861,6	ACERO PRESENTE INVENCION
M	0,0033	0,47	1,32	0,06	0,007	0,033	0,0023	0,023	0,0016	0,011	-	-	-	-	-	-	0,001	-	0,08	900,7	ACERO PRESENTE INVENCION
N	0,0021	0,09	1,19	0,03	0,003	0,029	0,0026	0,028	0,0011	0,013	0,050	-	-	-	-	-	-	-	0,11	882,7	ACERO PRESENTE INVENCION
O	0,0019	0,32	1,38	0,09	0,004	0,026	0,0030	0,033	0,0012	0,035	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	890,0	ACERO PRESENTE INVENCION
P	0,0024	0,15	0,82	0,06	0,012	0,035	0,0029	0,021	0,0023	0,020	0,10	-	-	-	-	-	-	-	0,03	894,9	ACERO COMPARATIVO
Q	0,0038	0,43	1,27	0,12	0,005	0,030	0,0036	-	0,0013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,10	894,7	ACERO COMPARATIVO
R	0,0120	0,32	1,53	0,08	0,006	0,025	0,0028	0,023	0,0014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	882,0	ACERO COMPARATIVO
S	0,0026	0,30	0,15	0,08	0,004	0,033	0,0035	0,025	0,0019	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	915,8	ACERO COMPARATIVO
T	0,0042	0,12	2,70	0,07	0,003	0,043	0,0022	0,019	0,0021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	856,8	ACERO COMPARATIVO
U	0,0035	0,35	1,13	0,06	0,003	0,032	0,0030	0,022	0,0001	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	1,12	892,2	ACERO COMPARATIVO
V	0,0027	0,25	1,43	0,05	0,003	0,033	0,0029	0,180	0,0015	0,013	-	-	-	-	-	0,0003	-	-	0,09	907,5	ACERO COMPARATIVO
W	0,0028	0,33	1,58	0,06	0,003	0,041	0,0023	0,031	0,0130	0,018	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,01	928,1	ACERO COMPARATIVO

(Aviso) cada subrayado indica condición fuera del intervalo de la presente invención.  
 $(mn \% \text{ en masa}) - mn^* (\% \text{ en masa}) / (b \text{ (ppm)} - b^* \text{ (ppm)}) \dots (1)$   
 Pero, en la expresión (1),

$B^* \text{ (ppm)} = 10 (n \% \text{ en masa}) - 14ti (\% \text{ en masa}) / 48) / 14 \times 1.000$

$Mn^* (\% \text{ en masa}) = 55s (\% \text{ en masa}) / 32$

En la presente invención, en el caso de  $mn^* < 0$  y  $b^* < 0$ , se establece en 0.

A3 - 50 (°C) =  $(937,2 - 476,5c + 56si - 19,7mn - 16,3cu - 26,6ni - 4,9cr + 38,1mo + 136,3ti - 19,1nb + 124,8v + 198,4al + 3315,0b) - 50 \dots (2)$

[Tabla 2]

N.º FABRICA	N.º ACERO	A <sub>c</sub> -50 °C	SRT °C	RELACIÓN FORMA		F <sub>JT</sub> °C	FT °C	t s	VELOCIDAD ENFRIAMIENTO		CT °C	RELACIÓN LAMINACION EN CALIENTE %	VELOCIDAD CALENTAMIENTO		TEMPERATURA ALEADO °C	RECUBRIMIENTO	NOTA
				1	2				°C/s	°C/s			1	2			
1			1.230	3,91	3,07	1.082	920,3	1,4	23	550	80	3	5	790		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
2	A	872,2	1.250	3,89	3,18	1.089	910,7	1,2	25	640	70	12	5	820		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
3			1.250	3,02	3,18	1.082	916	1,4	23	550	80	12	12	790		EJEMPLO COMPARATIVO	
4			1.250	<u>4,48</u>	3,18	1.083	915	1,4	23	550	80	18	5	790		EJEMPLO COMPARATIVO	
5			1.250	4,18	3,30	1.086	886	0,8	18	500	80	6	6	810		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
6	B	884,8	1.250	4,18	3,35	1.087	890	0,8	40	620	82	6	6	800		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
7			1.250	4,18	3,35	1.085	899	<u>2,5</u>	18	500	80	6	6	800		EJEMPLO COMPARATIVO	
8			1.250	4,18	3,35	1.083	895	0,8	18	500	80	6	1	800		EJEMPLO COMPARATIVO	
9			1.250	3,98	3,54	1.086	903	1,0	30	620	80	3	6	850		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
10	C	900,1	1.160	3,98	3,61	1.013	908	1,0	20	550	78	3	5	810		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
11			1.170	3,98	<u>2,51</u>	1.009	914	1,0	20	500	78	9	5	870		EJEMPLO COMPARATIVO	
12			1.200	3,68	3,84	1.038	896	1,0	25	550	80	4	8	800		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
13	D	881,0	1.200	3,68	3,88	1.044	883	1,0	18	600	69	5	8	840		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
14			1.200	<u>4,52</u>	3,85	1.040	883	1,0	18	600	69	5	8	840		EJEMPLO COMPARATIVO	
15			1.250	4,01	4,00	1.092	890	0,5	30	500	75	8	8	850		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
16	E	879,3	1.200	4,01	4,10	1.036	892	0,5	35	500	80	5	10	820		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
17			<u>1.000</u>	4,01	4,08	<u>955</u>	<u>840</u>	0,5	25	550	82	3	11	760		EJEMPLO COMPARATIVO	
18			1.250	4,01	4,01	1.090	890	0,5	30	500	75	8	<u>2,5</u>	850		EJEMPLO COMPARATIVO	
19			1.150	4,01	3,11	1.023	916	0,4	30	550	78	5	5	860		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
20	F	905,5	1.200	4,01	3,23	1.045	919	0,4	50	600	67	12	10	830		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
21			1.200	4,01	3,27	1.038	908	0,4	24	620	78	3	5	<u>910</u>		EJEMPLO COMPARATIVO	
22			1.250	3,99	3,35	1.088	891	0,4	45	500	83	4	4	770		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
23	G	881,1	1.150	3,99	3,52	1.008	892	0,4	30	580	77	5	6	780		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
24			1.250	3,99	3,55	<u>1138</u>	<u>978</u>	0,4	24	500	79	9	8	840		EJEMPLO COMPARATIVO	
25			1.200	3,98	3,67	1.040	901	1,2	23	550	85	4	5	850		EJEMPLO PRESENTE INVENCION	
26	H	891,6	1.250	3,98	3,81	1.094	898	1,2	<u>8</u>	500	<u>40</u>	7	8	790		EJEMPLO COMPARATIVO	

ES 2 756 328 T3

No. FABRICA	No. ACERO	A <sub>3</sub> -50 °C	SRT °C	RELACIÓN FORMA 1	RELACIÓN FORMA 2	F <sub>0</sub> T °C	FT °C	t s	VELOCIDAD ENFRIAMIENTO °C/s	CT °C	RELACIÓN LAMINACIÓN EN CALIENTE %	VELOCIDAD CALENTAMIENTO 1 °C/s	VELOCIDAD CALENTAMIENTO 2 °C/s	TEMPERATURA ALEADO °C	RECUBRIMIENTO	NOTA
27			1.200	3.98	3.68	1.041	901	<u>2.4</u>	23	550	85	4	5	840		EJEMPLO COMPARATIVO
28			1.170	3.85	3.91	1.009	892	1,2	45	650	76	3	5	780	ELECTRO	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
29	I	906,4	1.200	3.85	4.04	1.043	910	1,2	23	500	77	4	6	850		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
30			1.150	3.85	4.09	1.034	924	1,2	60	<u>400</u>	80	10	10	870		EJEMPLO COMPARATIVO
31	J	890,0	1.200	4.11	4.17	1.039	898	1,2	40	550	89	7	8	840		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
32			1.230	4.11	3.11	1.072	895	1,2	36	600	82	7	8	810		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
33			1.230	4.16	3.19	1.069	889	0,9	25	550	76	2	4	790	INMERSIÓN CALIENTE	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
34	K	884,7	1.180	4.16	3.31	1.019	896	0,9	26	<u>650</u>	<u>94</u>	3	4	780		EJEMPLO COMPARATIVO
35			1.200	4.11	3.44	1.038	872	1,0	35	500	82	2	5	770		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
36	L	861,6	1.150	4.11	3.52	1.027	868	1,0	40	550	77	6	5	860		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
37			1.200	3.90	3.61	1.043	910	0,4	22	500	71	8	8	830		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
38	M	900,7	1.160	3.90	3.74	1.004	910	0,4	19	550	75	<u>46</u>	8	860		EJEMPLO COMPARATIVO
39			1.150	4.08	3.80	1.023	910	1,1	23	600	73	8	8	780	ALEACIÓN	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
40	N	882,7	1.200	4.08	3.86	1.036	891	1,1	26	530	82	10	10	800		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
41			1.170	4.08	4.00	1.009	898	1,1	32	600	80	4	4	<u>620</u>		EJEMPLO COMPARATIVO
42			1.150	4.05	4.14	1.012	898	1,0	19	650	79	3	3	830		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
43	O	890,0	1.200	4.05	4.17	1.044	908	1,0	34	500	67	2	2	820		EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
44			1.230	4.05	<u>4.88</u>	1.066	891	1,0	29	500	73	4	4	850		EJEMPLO COMPARATIVO
45	P	894,9	1.250	4.05	3.25	1.093	905	0,5	22	520	80	5	5	860	ALEACIÓN	EJEMPLO COMPARATIVO
46	Q	894,7	1.170	4.05	3.30	1.010	895	0,5	43	580	80	4	5	790		EJEMPLO COMPARATIVO
47	R	882,0	1.150	4.05	3.36	1.008	897	0,5	16	560	79	14	10	800		EJEMPLO COMPARATIVO
48	S	915,8	1.250	4.05	3.51	1.086	917	0,5	20	550	72	3	3	810		EJEMPLO COMPARATIVO
49	T	856,8	1.230	4.05	3.60	1.070	889	0,5	32	640	78	15	14	770		EJEMPLO COMPARATIVO
50	U	892,2	1.175	4.05	3.69	1.020	898	0,5	29	550	75	4	4	830		EJEMPLO COMPARATIVO
51	V	907,5	1.230	4.05	3.69	1.035	910	0,5	23	580	80	8	8	720		EJEMPLO COMPARATIVO
52	W	928,1	1.200	4.05	3.59	1.028	935	0,5	24	600	75	17	15	750		EJEMPLO COMPARATIVO

(Aviso) cada subrayado indica condición fuera del intervalo de la presente invención

## ES 2 756 328 T3

De cada una de las chapas de acero laminadas en frío obtenidas, se tomó una pieza de prueba de tracción basada en la norma JIS Z 2201, siendo la dirección perpendicular a la laminación una dirección longitudinal, se llevó a cabo una prueba de tracción basada en la norma JIS Z 2241, y se midió la resistencia a la tracción.

- 5 Con respecto al valor de  $r$ , de la misma manera que en la prueba de tracción, se tomaron piezas de prueba de tracción basadas en la norma JIS Z 2201, siendo la dirección perpendicular a la laminación, la dirección a 45° y la dirección perpendicular a la laminación cada una de ellas una dirección longitudinal, y los valores se midieron con el 15 % de una cantidad de deformación.

Con respecto a la medición del módulo de Young, éste se midió tanto por el método de tracción estática descrito anteriormente como por un método de oscilación.

- 10 La medición del módulo de Young por el método de tracción estática se llevó a cabo usando una pieza de prueba de tracción basada en la norma JIS Z 2201 y aplicando una fuerza de tracción equivalente a la mitad de un límite elástico de la chapa de acero. En esta ocasión, la medición se llevó a cabo cinco veces, y entre el módulo de Young calculado en base a la pendiente de un diagrama de tensión-deformación, se encontró un valor promedio de tres valores de medición excluyendo el valor máximo y el valor mínimo como el módulo de Young por el método de tracción estática, y esto se mostró en la Tabla 3 como un módulo de Young de tracción. Incidentalmente, con respecto a una chapa de acero electrolgalvanizada, una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, y una chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente aleada que se describirá más adelante, la medición se llevó a cabo después de que se despegara una capa de recubrimiento sobre la superficie.

- 15 Las relaciones de intensidad aleatoria de las orientaciones  $\{332\}\langle 110 \rangle$ ,  $\{557\}\langle 9\ 16\ 7 \rangle$ , y  $\{111\}\langle 112 \rangle$  en la posición de  $\frac{1}{4}$  del espesor de la chapa de acero se midieron como sigue. Primero, una muestra obtenida de manera tal que la chapa de acero se pulió y se la dotó de brillo mecánicamente, y después se pulió adicionalmente electrolíticamente para eliminar la tensión y se ajustó para que una porción de  $\frac{1}{4}$  del espesor de la chapa se convirtiera en una superficie de medición a someter a difracción de rayos X. Incidentalmente, también se llevó a cabo en la misma condición la difracción de rayos X de una muestra estándar sin tener acumulación en una orientación específica

- 25 A continuación, en base a las cifras de los polos  $\{110\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{211\}$  y  $\{310\}$  obtenidas por difracción de rayos X, se obtuvo una ODF (por sus siglas en inglés) mediante un método de expansión en serie. Después, a partir de esta ODF (por sus siglas en inglés), se determinaron las relaciones de intensidad aleatoria de las orientaciones descritas anteriormente.

- 30 Además, entre estas chapas de acero, en la Tabla 2 se mostraba como "ELECTRO" el caso donde se llevó a cabo la electrolgalvanización después de la laminación en frío y del recocido, en la Tabla 2 se mostraba como "INMERSIÓN EN CALIENTE" el caso donde se llevó a cabo la galvanización por inmersión en caliente, y además el caso donde después de la galvanización en caliente, se llevó a cabo un tratamiento de aleación al llevar a cabo la retención durante 15 segundos a 520°C y se llevó a cabo la galvanización por inmersión en caliente con aleación mostrada como "ALEACIÓN".

- 35 Incidentalmente, como tratamiento de electrolgalvanización en este ejemplo, se llevó a cabo un recubrimiento de Zn-Ni (Ni = 11 % en masa).

Cada peso se estableció a 20 g/m<sup>2</sup>.

- 40 En la Tabla 3 se muestran los resultados en este ejemplo. Incidentalmente, en la columna del módulo de Young en la Tabla 3, RD significa dirección de laminación (por sus siglas en inglés, Dirección de Laminación), 45° significa 45° con respecto a la dirección de laminación, y TD significa la dirección transversal (por sus siglas en inglés, Dirección Transversal), respectivamente.

[Tabla 3]

N.º FABRICACIÓN	N.º ACERO	YS MPa	TS MPa	EI %	INTENSIDAD ALEATORIA			MODULO DE YOUNG			PROMEDIO VALOR r	NOTA	
					A <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>	C <sup>3)</sup>	B/A	(RD) GPa	(45°) GPa			(TD) GPa
1	A	302	455	32	0,4	9,8	8,4	24,5	214	208	229	1,63	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
2		308	459	32	0,3	9,0	7,4	30,0	214	207	227	1,55	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
3		305	450	32	4,0	8,1	8,0	2,0	205	208	220	1,37	EJEMPLO COMPARATIVO
4		306	460	32	2,4	6,7	8,9	2,8	213	207	220	1,38	EJEMPLO COMPARATIVO
5	B	320	474	35	0,8	11,7	9,9	14,6	216	211	232	1,71	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
6		322	476	35	0,5	11,2	9,5	22,4	216	209	234	1,63	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
7		320	472	34	3,4	9,4	8,7	2,8	205	210	222	1,66	EJEMPLO COMPARATIVO
8		340	477	34	0,8	6,8	8,9	8,5	205	207	223	1,36	EJEMPLO COMPARATIVO
9	C	305	459	36	0,7	9,0	7,3	12,9	214	207	227	1,53	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
10		312	462	35	1,0	9,4	8,0	9,4	214	208	227	1,58	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
11		297	449	36	1,4	6,7	8,9	4,8	213	207	220	1,57	EJEMPLO COMPARATIVO
12		290	444	37	0,7	11,0	9,6	15,7	219	208	234	1,69	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
13	D	292	442	36	0,2	10,9	9,7	54,5	217	210	232	1,71	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
14		288	453	36	2,7	6,5	9,0	2,4	204	210	220	1,32	EJEMPLO COMPARATIVO
15		289	442	36	0,8	11,9	10,6	14,9	218	210	238	1,81	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
16		292	445	36	0,2	12,1	10,7	60,3	218	211	235	1,75	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
17	E	304	458	36	3,5	6,8	6,5	1,9	203	211	222	1,48	EJEMPLO COMPARATIVO
18		299	450	36	4,2	9,2	9,0	2,2	205	208	220	1,37	EJEMPLO COMPARATIVO
19		325	479	34	0,9	11,3	10,1	12,6	217	209	239	1,75	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
20		328	481	35	0,6	11,2	9,9	18,7	218	207	230	1,68	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
21	F	431	585	27	0,9	4,8	6,7	5,3	207	212	216	1,33	EJEMPLO COMPARATIVO
22		295	448	37	0,3	8,9	7,4	29,7	214	209	229	1,56	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
23		300	452	36	0,8	8,3	7,4	10,4	213	210	232	1,51	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
24		291	443	37	4,4	10,6	11,8	2,4	210	215	221	1,66	EJEMPLO COMPARATIVO
25	G	300	450	36	0,6	10,0	8,3	16,7	214	209	230	1,65	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
26		308	459	36	4,8	7,2	6,8	1,5	212	205	218	1,38	EJEMPLO COMPARATIVO
27		303	452	36	3,6	9,2	8,9	2,6	204	210	221	1,62	EJEMPLO COMPARATIVO
28		322	475	35	2,1	13,3	12,2	6,3	216	209	230	1,73	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
29	I	318	468	35	2,0	12,1	11,0	6,1	216	212	232	1,77	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
30		310	462	35	1,2	6,5	7,2	5,4	213	214	220	1,35	EJEMPLO COMPARATIVO

N.º FABRICACIÓN	N.º ACERO	YS MPa	TS MPa	EI %	INTENSIDAD ALEATORIA			MODULO DE YOUNG			PROMEDIO VALOR r	NOTA	
					A <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>	C <sup>3)</sup>	B/A	(RD) GPa	(45°) GPa			(TD) GPa
31	J	291	444	37	0,5	10,2	8,8	20,4	214	208	235	1,63	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
32		294	447	37	0,4	10,3	8,6	25,8	214	208	234	1,65	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
33		292	442	37	1,3	12,4	11,1	9,5	216	210	233	1,80	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
34	K	292	446	37	3,2	8,3	8,2	2,6	203	204	220	1,38	EJEMPLO COMPARATIVO
35		271	422	38	0,6	11,5	10,2	19,1	217	208	236	1,74	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
36	L	269	419	39	0,5	11,3	10,0	22,6	217	210	233	1,72	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
37		312	463	36	1,5	8,7	7,5	5,8	212	208	230	1,54	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
38	M	301	455	36	4,3	5,7	6,9	1,3	211	198	219	1,57	EJEMPLO COMPARATIVO
39		259	412	38	0,6	10,4	8,8	17,3	214	208	229	1,60	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
40	N	248	400	40	0,4	10,4	9,3	26,0	215	209	227	1,63	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
41		308	458	24	0,8	6,2	7,4	7,8	210	194	226	1,28	EJEMPLO COMPARATIVO
42		312	462	36	0,7	10,6	8,9	15,1	215	208	233	1,71	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
43	O	309	459	36	0,4	10,6	9,2	26,4	215	212	228	1,64	EJEMPLO PRESENTE INVENCIÓN
44		300	452	36	0,5	8,2	5,3	16,4	209	198	222	1,53	EJEMPLO COMPARATIVO
45	P	236	389	40	4,2	8,2	10,9	2,0	212	223	220	1,61	EJEMPLO COMPARATIVO
46	Q	322	474	34	3,9	5,9	6,2	1,5	206	218	216	1,23	EJEMPLO COMPARATIVO
47	R	311	462	35	2,8	5,3	6,8	1,9	206	218	220	1,15	EJEMPLO COMPARATIVO
48	S	262	413	39	3,8	7,2	9,3	1,9	212	215	215	1,65	EJEMPLO COMPARATIVO
49	T	298	478	29	0,3	5,8	6,3	19,3	208	211	219	1,18	EJEMPLO COMPARATIVO
50	U	288	442	37	3,2	6,5	9,8	2,0	207	215	219	1,42	EJEMPLO COMPARATIVO
51	V	400	433	25	0,3	7,6	11,2	25,3	211	198	231	1,13	EJEMPLO COMPARATIVO
52	W	378	453	23	1,2	5,8	8,9	4,8	208	195	237	1,32	EJEMPLO COMPARATIVO

(Nota) cada subrayado indica condición fuera del intervalo de la presente invención.

<sup>1)</sup>Relación de intensidad aleatoria (a) de la orientación {332}<110>

<sup>2)</sup>Relación de intensidad aleatoria (b) de la orientación {557}<9 16 5>

<sup>3)</sup>Relación de intensidad aleatoria (c) de la orientación {111}<112>

- 5 Como queda claro a partir de los resultados mostrados en la Tabla 3, en el caso de los ejemplos de la presente invención en los que el acero con los componentes químicos de la presente invención se fabricó en las condiciones adecuadas (los ejemplos de la presente invención en la columna de nota en las Tablas 1 a 3), el módulo de Young en la dirección de la laminación y en la dirección de 45° llegan a ser ambos 206 GPa o más, el módulo de Young en la dirección transversal llega a ser 225 GPa o más, y el valor de  $r$  promedio llega a ser 1,4 o más. De este modo, está claro que los ejemplos de la presente invención son cada uno de alta rigidez y excelentes en capacidad de estiramiento profundo.
- 10 Por otro lado, las Fabricaciones N.º 45 a 52 son ejemplos comparativos que usan Acero N.º de P a W, cada uno con los componentes químicos que caen fuera del intervalo de la presente invención. La fabricación N.º 45 y la fabricación N.º 48 son un ejemplo del caso donde no se era capaz de satisfacer la Expresión (1) porque el contenido de S era alto en la Fabricación N.º 45 y el contenido de Mn era bajo en la Fabricación N.º 48. En este caso, la recuperación durante el recocido no se suprimió lo suficiente, de modo que se intensificaron las relaciones de intensidad aleatoria (A) y (C) y no se fue capaz de obtener un módulo de Young suficiente en la dirección transversal.
- 15 La Fabricación N.º 46 indica un ejemplo del caso donde no está contenido el Ti. En este caso, no ocurre la precipitación del TiN y el diámetro de grano y se hace grueso, de modo que aumenta la relación de intensidad aleatoria (A). Además, en la etapa de la chapa laminada en caliente, permanece la solución sólida de C, de modo que se desarrolla adicionalmente la relación de intensidad aleatoria (A), pero se suprime el desarrollo de las relaciones de intensidad aleatoria (B) y (C), lo que tiene como resultando que disminuye el módulo de Young en la dirección transversal y también se deteriora el valor de  $r$ .
- 20 La Fabricación N.º 47 es el caso donde la cantidad añadida de C es demasiado alta. En este caso, la solución sólida de C permanece en la chapa laminada en caliente, de modo que se suprime el desarrollo de todas las orientaciones de las relaciones de intensidad aleatoria (A), (B) y (C).
- 25 La Fabricación N.º 49 es un ejemplo del caso donde el Mn es demasiado alto. En este caso, se retrasa la recristalización, se debilitan las relaciones de intensidad aleatoria (B) y (C), no se puede satisfacer el módulo de Young en la dirección transversal, y también disminuye el valor de  $r$ .
- La Fabricación N.º 50 es el caso donde la cantidad de B es pequeña. En este caso no se suprime la recuperación, de modo que se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (C) y disminuye la relación de intensidad aleatoria (B), y por lo tanto no es posible satisfacer el módulo de Young en la dirección transversal.
- 30 La Fabricación N.º 51 es el caso donde la cantidad añadida de Ti es demasiado alta, y la Fabricación N.º 52 es el caso donde la cantidad añadida de B es demasiado alta. En cada uno de estos casos, la temperatura de recristalización en el recocido se vuelve demasiado alta, de modo que se deteriora la trabajabilidad, se debilita la relación de intensidad aleatoria (B), disminuye el módulo de Young en la dirección de 45°, y también disminuye el valor de  $r$ .
- 35 Como la Fabricación N.º 3 con el Acero N.º A es un ejemplo comparativo, cuando la velocidad de calentamiento 2 es demasiado grande, disminuye el valor de  $r$  y se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (A), de modo que disminuyen el módulo de Young en la dirección transversal y en la dirección de la laminación.
- 40 Como la Fabricación N.º 4 con el Acero N.º A es un ejemplo comparativo, cuando la relación de forma 1 es demasiado alta, disminuye el valor de  $r$  y no se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (B), de modo que disminuyen el módulo de Young en la dirección transversal y en la dirección de la laminación.
- Como la Fabricación N.º 7 con el Acero N.º B es un ejemplo comparativo, cuando el período de tiempo  $t$  hasta el inicio del enfriamiento después de la finalización de la laminación de acabado es demasiado largo, se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (A), de modo que disminuyen el módulo de Young en la dirección transversal y en la dirección de la laminación.
- 45 Como la Fabricación N.º 8 con el Acero N.º B es un ejemplo comparativo, cuando la velocidad de calentamiento 2 es demasiado pequeña, disminuye el valor de  $r$  y no se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (B), de modo que disminuyen el módulo de Young en la dirección transversal y en la dirección de la laminación.
- 50 Como la Fabricación N.º 11 con el Acero N.º C es un ejemplo comparativo, cuando la relación de forma del paso final de la laminación en caliente es demasiado baja, no se introduce suficiente deformación por cizalladura y no se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (B), de modo que disminuye el módulo de Young en la dirección transversal.
- Como la Fabricación N.º 14 con el Acero N.º D es un ejemplo comparativo, cuando la relación de forma 1 es demasiado alta, disminuye el valor de  $r$  y no se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (B), de modo que disminuyen el módulo de Young en la dirección transversal y en la dirección de la laminación.

Como la Fabricación N.º 17 con el Acero N.º E es un ejemplo comparativo, cuando la temperatura de calentamiento es baja para que sea imposible asegurar suficiente F0T y FT, se intensifica la relación de intensidad aleatoria (B), pero se debilita la relación de intensidad aleatoria (C), de modo que no se puede asegurar el valor de r.

5 Como la Fabricación N.º 18 con el Acero N.º E es un ejemplo comparativo, cuando la velocidad de calentamiento 2 es demasiado grande, disminuye el valor de r y se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (A), de modo que disminuyen el módulo de Young en la dirección transversal y en la dirección de la laminación.

Como la Fabricación N.º 21 con el Acero N.º F es un ejemplo comparativo, cuando la temperatura de recocido es demasiado alta, el recocido da como resultado el recocido de la región  $\gamma$ , de modo que se debilita la textura y disminuyen tanto el módulo de Young como el valor de r.

10 Como la Fabricación N.º 24 con el Acero N.º G es un ejemplo comparativo, cuando F0T y FT son demasiado altas, se intensifica demasiado la relación de intensidad aleatoria (A), de modo que disminuye el módulo de Young en la dirección transversal.

15 Como la Fabricación N.º 26 con el Acero N.º H es un ejemplo comparativo, cuando la velocidad de enfriamiento después de la laminación en caliente es pequeña y la relación de laminación en frío es baja, se intensifica demasiado la relación de intensidad aleatoria (A) y se debilitan las relaciones de intensidad aleatoria (B) y (C), de modo que disminuyen tanto el módulo de Young como el valor de r.

20 Como la Fabricación N.º 27 con el Acero N.º H es un ejemplo comparativo, cuando el período de tiempo t hasta el inicio del enfriamiento después de la finalización de la laminación de acabado es demasiado largo, se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (A), de modo que disminuyen el módulo de Young en la dirección transversal y en la dirección de la laminación.

Como la Fabricación N.º 30 con el Acero N.º I es un ejemplo comparativo, cuando la temperatura de bobinado es demasiado baja, la solución sólida C permanece en la chapa laminada en caliente, de modo que no se desarrollan lo suficiente las relaciones de intensidad aleatoria (B) y (C), disminuye el módulo de Young y, también se deteriora el valor de r.

25 Como la Fabricación N.º 34 con el Acero N.º K es un ejemplo comparativo, cuando la temperatura de bobinado aumenta demasiado y la relación de laminación en frío aumenta demasiado, se intensifica demasiado la relación de intensidad aleatoria (A) y aumenta el grado de integración de la orientación  $\{100\}\langle 012\rangle$  para disminuir los valores absolutos del valor de r y del módulo de Young, lo que tiene como resultado que no se pueden asegurar tanto el valor de r como el módulo de Young.

30 Como la Fabricación N.º 38 con el Acero N.º M es un ejemplo comparativo, cuando la velocidad de calentamiento durante el recocido (las velocidades de calentamiento 1 y 2) es demasiado rápida, se intensifica la orientación  $\{112\}\langle 110\rangle$  y se debilita la relación de intensidad aleatoria (B) y, por lo tanto, disminuye el módulo de Young en la dirección de  $45^\circ$  y también se deteriora el valor de r.

35 Como la Fabricación N.º 41 con el Acero N.º N es un ejemplo comparativo, cuando la temperatura de recocido es demasiado baja, la recristalización no progresa lo suficiente y permanece la no recristalización, de modo que disminuye la ductilidad, y se deterioran el módulo de Young en la dirección de  $45^\circ$  y el valor de r.

40 Como la Fabricación N.º 44 con el Acero N.º O es un ejemplo comparativo, cuando la relación de forma 2 es demasiado alta, después de la laminación en frío y del recocido, no se desarrolla la relación de intensidad aleatoria (B) en comparación con la relación de intensidad aleatoria (C), de modo que disminuye el módulo de Young en la dirección transversal.

A partir de los resultados de los ejemplos explicados anteriormente, está claro que la presente invención permite que se fabriquen la chapa de acero laminada en frío excelente en rigidez y capacidad de estiramiento profundo, la chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, y la chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada.

#### 45 **Aplicabilidad industrial**

La chapa de acero laminada en frío de la presente invención se usa para, por ejemplo, automóviles, electrodomésticos de hogar, edificios, etc. Además, la chapa de acero laminada en frío de la presente invención incluye chapas de acero laminadas en frío definidas estrechamente sin un tratamiento superficial llevado a cabo sobre ellas y chapas de acero laminadas en frío definidas ampliamente con un tratamiento superficial tal como recubrimiento de Zn por inmersión en caliente, recubrimiento de Zn por inmersión en caliente y aleación, o electrogalvanización llevados a cabo sobre la misma con el fin de prevenir la oxidación. Este tratamiento de la superficie incluye el recubrimiento a base de aluminio, la formación de una película de revestimiento orgánico y de una película de revestimiento inorgánico sobre las superficies de varias chapas de acero recubiertas, el revestimiento, y los tratamientos combinados con ellos. Entonces, la chapa de acero laminada en frío de la presente invención tiene un alto módulo de Young y, por lo tanto, en comparación con una chapa de acero convencional, se

5 puede lograr una disminución en el espesor de la chapa, es decir, una reducción en el peso, y es posible contribuir a la conservación del medio ambiente mundial. Además, la chapa de acero laminada en frío de la presente invención también es mejorada en la capacidad de fijación de la forma, de modo que se facilita la aplicación de una chapa de acero de alta resistencia a una pieza prensada tal como un miembro de automóvil. Además, los miembros obtenidos por conformado y trabajado de la chapa de acero de la presente invención también son excelentes en la propiedad de absorción de la energía de colisión, contribuyendo así a la mejora de la seguridad de los automóviles, lo que resulta en contribuciones sociales que son inconmensurables.

## REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en frío, que consiste en:

en % en masa,

C: del 0,0005 al 0,0045 %;

5 Mn: del 0,80 al 2,50 %;

Ti: del 0,002 al 0,150 %;

B: del 0,0005 al 0,01 %;

Si: del 0,01 al 1,0 %;

Al: del 0,010 al 0,10 %;

10 Nb: del 0 al 0,040 %;

Mo: del 0 al 0,500 %;

Cr: del 0 al 3,000 %;

W: del 0 al 3,000 %;

Cu: del 0 al 3,000 %;

15 Ni: del 0 al 3,000 %;

Ca: del 0 al 0,1000 %;

Rem: del 0 al 0,1000 %;

V: del 0 al 0,100 %;

P: el 0,15 % o menos;

20 S: el 0,010 % o menos;

N: el 0,006 % o menos,

en la que se satisface la Expresión (1) mostrada a continuación, y

un resto que está compuesto de hierro e impurezas, en donde

25 en la posición de  $\frac{1}{4}$  del espesor del espesor de una chapa, una relación de intensidad aleatoria (A) de la orientación  $\{332\}<110>$  es 3 o menos, una relación de intensidad aleatoria (B) de la orientación  $\{557\}<9\ 16\ 5>$  y una relación de intensidad aleatoria (C) de la orientación  $\{111\}<112>$  son 7 o más, y se satisfacen  $\{(B)/(A) \geq 5\}$  y  $\{(B) > (C)\}$ .

$$0,07 \leq (\text{Mn} (\% \text{ en masa}) - \text{Mn}^* (\% \text{ en masa})) / (\text{B} (\text{ppm}) - \text{B}^* (\text{ppm})) \leq 0,2 \dots (1),$$

La Expresión (1) anterior se establece de la siguiente manera:

$$\text{Mn}^* (\% \text{ en masa}) = 55\text{S} (\% \text{ en masa}) / 32,$$

$$30 \quad \text{B}^* (\text{ppm}) = 10 (\text{N} (\% \text{ en masa}) - 14\text{Ti} (\% \text{ en masa}) / 48) / 14 \times 10.000$$

En el caso de  $\text{Mn}^* < 0$  y  $\text{B}^* < 0$ ,  $\text{B}^*$  se establece en 0.

2. La chapa de acero laminada en frío según la reivindicación 1, que comprende:

en % en masa,

Nb: del 0,005 al 0,040 %.

35 3. La chapa de acero laminada en frío según la reivindicación 1 o 2, que comprende:

uno o dos o más de, en % en masa,

Mo: del 0,005 al 0,500 %;

Cr: del 0,005 al 3,000 %;

W: del 0,005 al 3,000 %;

Cu: 0,005 al 3,000 %; y

Ni: 0,005 al 3,000 %.

- 5 4. La chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, que comprende:  
uno o dos o más de, en % en masa,

Ca: del 0,0005 al 0,1000 %;

Rem: del 0,0005 al 0,1000 %; y

V: del 0,001 al 0,100 %.

- 10 5. Una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, en donde, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, se lleva a cabo la electrogalvanización.

6. Una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, en donde, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, se lleva a cabo la galvanización por inmersión en caliente.

- 15 7. Una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente aleada, en donde, sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, se lleva a cabo la galvanización por inmersión en caliente y aleación.

8. Un método de fabricación de una chapa de acero laminada en frío, que comprende:

sobre una palanquilla de acero que consiste en:

- 20 en % en masa,

C: del 0,0005 al 0,0045 %;

Mn: del 0,80 al 2,50 %;

Ti: del 0,002 al 0,150 %;

B: del 0,0005 al 0,01 %;

- 25 Si: del 0,01 al 1,0 %;

Al: del 0,010 al 0,10 %;

Nb: del 0 al 0,040 %;

Mo: del 0 al 0,500 %;

Cr: del 0 al 3,000 %;

- 30 W: del 0 al 3,000 %;

Cu: del 0 al 3,000 %;

Ni: del 0 al 3,000 %;

Ca: del 0 al 0,1000 %;

Rem: del 0 al 0,1000 %;

- 35 V: del 0 al 0,100 %;

P: el 0,15 % o menos;

S: el 0,010 % o menos;

N: el 0,006 % o menos,

en la que se satisface la Expresión (1) mostrada a continuación, y

un resto que está compuesto de hierro e impurezas,

- llevar a cabo el calentamiento a 1.150°C o más, y después llevar a cabo la laminación con una relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) mostrada a continuación de 4,4 o menos para al menos un paso o más en un intervalo de temperaturas de 1.000 a 950°C con una temperatura de inicio de la laminación de acabado establecida de 1.000 a 1.100°C, y después llevar a cabo la laminación con la relación de forma (X) determinada por la Expresión (2) mostrada a continuación de 3,0 a 4,2 para al menos un paso o más en un intervalo de temperaturas de no menos de una temperatura 50°C menos que una temperatura de transformación A3 obtenida por la Expresión (3) mostrada a continuación ni mayor de 950°C, y después comenzar el enfriamiento dentro de los 2 segundos después de la finalización de la laminación de acabado, enfriando la temperatura dentro de un intervalo de hasta 700°C a una velocidad de enfriamiento promedio de 15°C/s o más, y después llevar a cabo el bobinado en un intervalo de temperaturas de 500 a 650°C, y después llevar a cabo el decapado, y después llevar a cabo la laminación en frío a una relación de reducción del 50 al 90 %, calentar la temperatura en un intervalo de temperatura ambiente a 650°C a una velocidad de calentamiento promedio de 2 a 20°C/s, y calentar adicionalmente la temperatura de 650°C a 700°C a una velocidad de calentamiento promedio de 2 a 15°C/s, y después llevar a cabo el recocido al llevar a cabo la retención durante 1 segundo o más en un intervalo de temperaturas de no menos de 700°C ni más de 900°C.

$$0,07 \leq (\text{Mn} (\% \text{ en masa}) - \text{Mn}^* (\% \text{ en masa})) / (\text{B} (\text{ppm}) - \text{B}^* (\text{ppm})) \leq 0,2 \dots (1)$$

La Expresión (1) anterior se establece de la siguiente manera.

$$\text{Mn}^* (\% \text{ en masa}) = 55\text{S} (\% \text{ en masa}) / 32$$

$$\text{B}^* (\text{ppm}) = 10 (\text{N} (\% \text{ en masa}) - 14\text{Ti} (\% \text{ en masa}) / 48) / 14 \times 10.000$$

- En el caso de  $\text{Mn}^* < 0$  y  $\text{B}^* < 0$ ,  $\text{B}^*$  se establece en 0.

$$\text{X} (\text{relación de forma}) = 1 \text{ d/hm} \dots (2)$$

La Expresión (2) anterior se establece de la siguiente manera.

ld (longitud del arco de contacto del rodillo de laminación en caliente y de la chapa de acero):  $\sqrt{(L \times (\text{hentrada} - \text{hsalida})/2)}$

- hm:  $(\text{hentrada} + \text{hsalida})/2$

L: diámetro del rodillo (mm)

hentrada: espesor de la chapa del lado de la entrada del rodillo de laminación (mm)

hsalida: espesor de la chapa del lado de la salida del rodillo de laminación (mm)

- $A3 (\text{°C}) = 937,2 - 476,5\text{C} + 56\text{Si} - 19,7\text{Mn} - 16,3\text{Cu} - 26,6\text{Ni} - 4,9\text{Cr} + 38,1\text{Mo} + 136,3\text{Ti} - 19,1\text{Nb} + 124,8\text{V} + 198,4\text{Al} + 3315,0\text{B} \dots (3)$

En la Expresión (3) anterior, C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, Ti, Nb, V, Al y B son los contenidos de los respectivos elementos [% en masa]. Con respecto a una chapa de acero en la que no se pretende que contenga Si, Al, Cu, Ni, Cr, Mo, Nb y V, la expresión se calcula siendo los porcentajes del contenido de cada uno de estos elementos el 0 %.

9. Un método de fabricación de una chapa de acero laminada en frío electrogalvanizada, que comprende:

- llevar a cabo la electrogalvanización sobre la superficie de la chapa de acero fabricada por el método según la reivindicación 8.

10. Un método de fabricación de una chapa de acero laminada en frío galvanizada por inmersión en caliente, que comprende:

- llevar a cabo la galvanización por inmersión en caliente sobre la superficie de la chapa de acero fabricada por el método según la reivindicación 8.

11. Un método de fabricación de una chapa de acero laminada en frío y galvanizada por inmersión en caliente aleada, que comprende:

- sobre la superficie de la chapa de acero fabricada por el método según la reivindicación 8, llevar a cabo la galvanización por inmersión en caliente, y después llevar a cabo adicionalmente un tratamiento térmico durante 10 segundos o más en un intervalo de temperaturas de 450 a 600°.

$\phi_2 = \text{SECCIÓN TRANSVERSAL DE } 45^\circ$

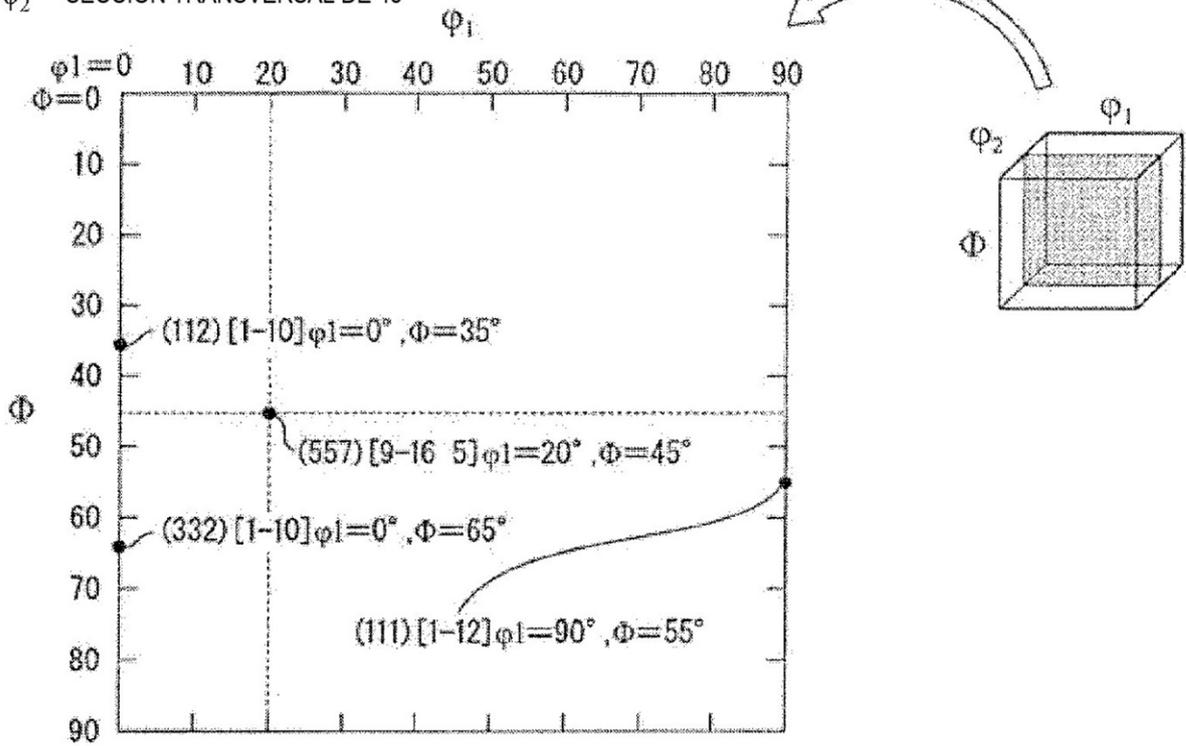


Figura 1